

Lauterbach, Roland [Hrsg.]; Koehnlein, Walter [Hrsg.]; Spreckelsen, Kay [Hrsg.]; Bauer, Herbert F. [Hrsg.]

Wie Kinder erkennen. Vorträge des Arbeitstreffens zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht am 26. und 27. März 1990 in Nürnberg

Kiel : IPN 1991, 167 S. - (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts; 1)



Quellenangabe/ Reference:

Lauterbach, Roland [Hrsg.]; Koehnlein, Walter [Hrsg.]; Spreckelsen, Kay [Hrsg.]; Bauer, Herbert F. [Hrsg.]: Wie Kinder erkennen. Vorträge des Arbeitstreffens zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht am 26. und 27. März 1990 in Nürnberg. Kiel : IPN 1991, 167 S. - (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts; 1) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-129011 - DOI: 10.25656/01:12901

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-129011>

<https://doi.org/10.25656/01:12901>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.
This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft



Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften
Arbeitskreis Sachunterricht in der GD/CP

GD
CP

Roland Lauterbach, Walter Köhnlein,
Kay Spreckelsen, Herbert F. Bauer (Hrsg.)

Wie Kinder erkennen

Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, 1

Lauterbach · Köhnlein · Spreckelsen · Bauer (Hrsg.)

Wie Kinder erkennen

Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Band 1

Roland Lauterbach · Walter Köhnlein
Kay Spreckelsen · Herbert F. Bauer (Hrsg.)

Wie Kinder erkennen

Vorträge des Arbeitstreffens zum
naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht
am 26. und 27. März 1990 in Nürnberg



IPN

Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften
Arbeitskreis Sachunterricht in der GD/CP

GD
CP

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Wie Kinder erkennen: Vorträge des Arbeitstreffens zum Naturwissenschaftlich-Technischen Sachunterricht am 26. und 27. März 1990 in Nürnberg / Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN); Arbeitskreis Sachunterricht in der GD/CP.– Kiel: IPN, 1991

(Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts; 1)

NE: Arbeitstreffen zum Naturwissenschaftlich-Technischen Sachunterricht <09, 1990, Nürnberg>; Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften <Kiel>; GT

© 1991

Alle Rechte beim

Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN),

Olshausenstraße 62, D-2300 Kiel 1,

und bei der

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GD/CP)

ISBN 3 - 89088 - 057 - 6

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort zu dieser Heftreihe	3
Einführung <i>Herbert F. Bauer</i>	5
Annäherung und Verstehen <i>Walter Köhnlein</i>	7
Analyse von Wahrnehmung und Ausdruck als methodischer Weg zur Einsicht, wie Kinder erkennen <i>Gerhard Löffler</i>	21
Tasten mit Auge-Hand-Fuß als 'Fühl'-Erkennen (Dokumente und bildungstheoretische Analyse) <i>Maria-Anna Bäuml-Roßnagl</i>	34
Wann weiß das Kind, was es bewirken kann? <i>Roland Lauterbach</i>	49
Erkennen im physikalischen Bereich des Sachunterrichts <i>Kay Spreckelsen</i>	70
Zeichnen als Hilfe zum Verstehen im Sachunterricht der Grundschule <i>Wolfgang Biester</i>	82
Kontinuität oder Diskontinuität - eine überflüssige Diskussion? <i>Gerhard Wiesenfarth</i>	98
Umstrukturierungen im Lernprozeß - Kinder bauen eine Stampfe <i>Kornelia Möller</i>	123
Kinder bauen Brücken - Erkenntnisprozesse beim Konstruieren <i>Elard Klewitz</i>	137
Erkennen von Naturgesetzlichkeit - Astronomie in der Primarstufe <i>Roland Szostak</i>	147
Teilnehmer der Tagung	167

VORWORT ZU DIESER HEFTREIHE

Die Didaktik des Sachunterrichts ist eine noch junge akademische Disziplin; die ersten 'Lehrstühle' mit dieser Fachbezeichnung wurden zu Beginn der achtziger Jahre eingerichtet. Der Sachunterricht selbst hatte zehn Jahre zuvor die überkommene Heimatkunde in den Grundschulen abgelöst.

Die neue Fachdidaktik konnte auf Theoriebestände und Traditionen der (Grund-)Schulpädagogik, aber auch der Didaktiken all jener Fächer zurückgreifen, die im Schulcurriculum nach der Grundschule aus dem Sachunterricht hervorgehen. Die eigene Aufgabe aber besteht darin, für den Sachunterricht eine tragfähige Theorie zu entwickeln und diesen Unterricht didaktisch und pädagogisch anzuleiten.

Sachunterricht ist eine Einheit; seine Lernfelder haben weder den Zuschnitt noch die spezielle Perspektive der Sachfächer weiterführender Schulstufen. Akzentuierungen in Forschung und Lehre aber folgen der Notwendigkeit produktiver Spezialisierung. Insoweit erscheint es gerechtfertigt, neben dem sozio-kulturellen auch vom naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht zu sprechen.

Im April 1984 fand in Hildesheim die erste Tagung 'Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Sachunterricht in der Grundschule' statt. Damit war die Tradition der Frühjahrstagungen im Rahmen der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP) begründet. Die Tagungsberichte wurden seither an den betreffenden Hochschulen von den jeweiligen Veranstaltern herausgegeben.

Es war der Wunsch der bisherigen Herausgeber, der Reihe dieser Forschungsberichte Kontinuität zu geben und einen leichteren Zugriff zu ermöglichen. Das IPN hat sich dieser Aufgabe angenommen. Hierfür sei herzlich gedankt.

Die Herausgeber

EINFÜHRUNG

Wie steht es nun um die 'Kontinuität'? Gibt es einen bruchlosen Weg von der Alltagserfahrung hin zur Physik oder Chemie als Wissenschaften, oder führen diese ein Eigenleben mit besonderen Kategorien des Betrachtens, Handelns und Denkens, in denen 'hausgemachte Physik' so gut wie wertlos ist?

Vermag ein Lernender sein ständig wachsendes Begreifen seiner Lebensumwelt in die besonderen Strukturen fachlicher Disziplinen zu integrieren, oder kommt es, - trotz Schule und Unterricht - zu jener 'Kluft', die nur durch einen kühnen, 'intuitiven Sprung' zu überwinden ist?

Sind umgängliche Erfahrungen und Erkenntnisse physikalischer oder chemischer Natur, die aus der Spiel- und Arbeitswelt des Grundschulkindes gewonnen werden, am Ende doch aufzugeben, um den Sprung über den trennenden Graben nicht zu gefährden?

Die Nürnberger Tagung der Arbeitsgemeinschaft Sachunterricht der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP) am 26./27. März 1990 hat erneut gezeigt, daß ein schnelles und einfaches Urteil nicht wohlfeil sein kann, die Frage nach der Existenz der Kontinuität letztlich mit 'ja, aber' beantwortet werden muß.

Die an den beiden Tagen gehaltenen Vorträge setzten sich sowohl wissenschafts- und erkenntnistheoretisch mit dem Problem Kontinuität versus Diskontinuität auseinander, als auch mit jenen Knackpunkten im Lernen bei Kindern, also jenen Nahtstellen, an denen sich umgängliche Erfahrung mit fachlichen Kategorien berührt.

Wer in die Diskussion hineinfinden möchte, der beginne mit dem Beitrag von W. KÖHNLEIN. Hier wird versucht, die Problematik darzustellen und zurechtzurücken. G. WIESENFARTH, der sich kritisch mit der Kontinuitäts- bzw. Diskontinuitätsauffassung auseinandersetzt, trägt in besonderem Maße dazu bei, vorschnelle Urteile zu relativieren und manche Mißverständnisse auszuräumen. G. LÖFFLER legt die Bedeutung des Wahrnehmens für die Erkenntnisgewinnung dar und versucht, die Zusammenhänge zu klären.

M.-A. BÄUML-ROSSNAGL macht mit ihrem Artikel auf die Bedeutung des 'Fühl-Erkennens' mit Auge, Hand und Fuß aufmerksam und versucht eine bildungstheoretische Analyse.

Einen vom Ansatz her interessanten Beitrag liefert R. LAUTERBACH. Er geht von der Kindern recht zugänglichen Erfahrung der Schadensverursachung sowie Schadensvermeidung aus und stellt die Frage nach dem Vermögen der Kinder, schädliches als solches zu erkennen und ihr Handeln entsprechend auszurichten.

Von den seit Jahren an der Gesamthochschule Kassel betriebenen Forschungen über das Erkennen physikalischer Phänomene im Grundschulalter berichtet K. SPRECKELSEN. Aus den bisherigen Untersuchungen zieht er Konsequenzen für die Sachauseinandersetzung im Rahmen des Grundschulunterrichts.

Technisch-physikalischen Erkenntnisprozessen konkreter Art widmen sich die Beiträge von K. MÖLLER, W. BIESTER und E. KLEWITZ. Hier werden Kinder vor technische Probleme gestellt und die Lösungsstrategien analysiert. Geht es W. BIESTER um die Frage, wie das Zeichnen als Konstruktionshilfe wirksam werden kann, so zeigt K. MÖLLER, welche Bedeutung der Umstrukturierung, der 'diskontinuierlichen Phase' im problemlösenden Denken, zukommt. Ein interessantes Gegenstück liefert E. KLEWITZ, der die Entwicklung einer Konstruktionslösung am Beispiel eines Brückenbaus durch Kinder darlegt und dabei die Auswirkung der Mißerfolge auf die Genese der endlich zum Erfolg führenden Lösung beschreibt.

Was R. SZOSTAK über Astronomie in der Primarstufe berichtet, zeigt einmal mehr, daß man schwierige, aber für Kinder nicht minder faszinierende Erscheinungen darstellen und verständlich machen kann, ohne Grundschülern dabei einen Bären aufbinden zu müssen.

Gerade dieser Beitrag führt zu der eingangs gestellten Frage nach der Existenz einer Kontinuität zurück. Er zeigt aber auch, welche gewichtige Rolle dem Unterricht zukommt, wenn Kontinuität eine Chance haben soll.

Herbert F. Bauer

ANNÄHERUNG UND VERSTEHEN

Walter KÖHNLEIN, Universität Hildesheim

"Die Menschen stärken, die Sachen klären."
(H. v. HENTIG)

"Verstehen ist Menschenrecht"
(M. WAGENSCHNIG)

"Die Physik muß lange zuvor, ehe sie vorgetragen wird, durch mancherlei, was die Aufmerksamkeit reizt, von ferne angemeldet werden."
(J. F. HERBART)

Mit meinen Ausführungen möchte ich anknüpfen an unsere Gespräche in Kassel (WIESENFARTH 1990) und dann einige Überlegungen zur Strategie des Lehrens und Lernens im Sachunterricht folgen lassen. Unser Dissens, der mir letztlich auf unterschiedlichen philosophischen Positionen zu beruhen scheint, konzentriert sich auf das Problem der *Zugänglichkeit* physikalischer und technischer Inhalte im Sachunterricht. Wir haben ihn mit dem Begriffspaar *Kontinuität* versus *Diskontinuität* markiert.

Läßt sich das Gewinnen physikalischer, chemischer oder technischer Einsichten und Wissensbestände mit Begriffen der allmählichen Annäherung, des Wachstums und schließlich mit der "Weg"-Metapher ("Kinder auf dem Wege zur Physik") als "Fortschritt" sinnvoll beschreiben oder ist da eine "Kluft" zwischen "geschlossenen Sinngeländen" der "Lebenswelt" und der Wissenschaft, die nur durch einen "intuitiven Sprung" überwunden werden kann?¹ Unsere Antworten auf diese Frage - das ist meine Vermutung - haben philosophische Prämissen, empirische Anhaltspunkte und vor allem Konsequenzen für die Konzeption des Curriculums bis hin zu methodischen Entscheidungen. Schwierig ist die Klärung der anstehenden Fragen nicht nur deshalb, weil die

¹ Ich beziehe mich im folgenden zum Teil auf das Referat von Frau AISSEN-CREWETT (Kurzfassung: AISSEN-CREWETT 1990).

jeweiligen Positionen in umfassenden Überzeugungszusammenhängen stehen, sondern auch wegen der von KUHN (1973) so bezeichneten "Unvollständigkeit des logischen Kontakts" zwischen den Vertretern dieser Meinungen, d. h. man redet leicht aneinander vorbei, wenn man die relativen Vorzüge der jeweiligen Paradigmen diskutiert. Wir müssen der Sache wegen trotzdem den Versuch erneut wagen.

1 Metaphern und Vorstellungen für Theorien zum grundlegenden Lernen

1.1 Sprünge oder Annäherung

Gelegentlich werden zur Erläuterung des Lernfortschritts die von Thomas KUHN vertretenen Thesen zur Wissenschaftsentwicklung herangezogen und mit Stücken der phänomenologischen Philosophie und des Existentialismus in Zusammenhang gebracht. Die sogenannte Lebenswelt und die Wissenschaft erscheinen dann als "geschlossene Sinngebiete" mit je einem besonderen Erlebens- und Erkenntnisstil. Beide Bereiche gelten als inkommensurabel, und der Übergang von einem zum anderen Sinngebiet erfolgt (wie eine Bekehrung) durch einen "*Sprung*". Wer aber das neue Gebiet - die wissenschaftliche Betrachtungsweise - noch nicht kennt, wie wir das bei Grundschulern annehmen dürfen, muß für die *Entscheidung*, den Sprung zu wagen, den "Glauben haben" (KUHN 1973, S. 208), daß das neue, vom Lehrer vorgestellte oder verheißene Paradigma hilfreich und sinnvoll ist.

Es ist offensichtlich, daß diese Charakterisierung von Lernen nicht zu der Vorstellung einer *allmählichen Annäherung* an wissenschaftsorientiertes Denken paßt. Auch wenn man einräumt, daß es Unstetigkeiten in der Denkentwicklung von Kindern gibt (WAGENSCHN 1973, S. 14), so ist es doch ein gravierender Unterschied, ob man diese absolut setzt und zur Grundlage einer didaktischen Theorie macht, oder ob man sie als partielle Veränderung einer viel umfassenderen Denkstruktur beschreibt. Im ersten Fall werden Sinngebiete und Bereiche unseres Denkens voneinander isoliert, es gibt dann auch keine gemeinsame Sprache; im anderen Fall werden sie als zusammenhängend und wechselwirkend begriffen.

Von Interesse wäre, wie Kinder selbst Lernfortschritte erleben. Eine spezielle biographische und didaktisch-psychologische Lernforschung könnte in diesem Punkt u. U. interessantes Material erbringen. Erscheint Kindern das, was sie in physik- und technikbezogenen Teilen des Sachunterrichts lernen, im Abseits ihrer Lebenswirklichkeit oder ist es vielleicht im Gegenteil geeignet, ihnen die Dimensionen des theoretischen Interesses eröffnen zu helfen (so wie ja z. B. auch der Zugang zur Kunst geöffnet werden muß)?

Es mag hier offenbleiben, wie weit es zulässig und sinnvoll ist, den Prozeß des Lernens und die curriculare Strategie mit Interpretationen der Wissenschaftsgeschichte sowie mit Postulaten der Wissenschaftstheorie und mit "Logik der Forschung" in Beziehung zu bringen.² Wichtig aber ist, ob wir *Lernen* mit schwer faßbaren Kategorien wie Sprung, Glauben, Entschluß beschreiben (hinzu käme noch das Charisma des Lehrers) oder ob wir es als wesentlich rationalen, auch rational beeinflussbaren und rekonstruierbaren Prozeß zum Gegenstand didaktischer Forschung machen.

1.2 Geschlossene Sinngebiete oder basale Zusammenhänge

Fragwürdig erscheint mir die Behauptung, konsistente Erfahrungen konstituierten "geschlossene Sinngebiete", wenn damit gemeint ist, "Lebenswelt" und "Wissenschaft" seien getrennte Welten, und die experimentell-empirische Erfahrung isoliere Natur von der Lebenswelt. Für die Didaktik ist es vielmehr wichtig, den *basalen Zusammenhang* zwischen Alltagserfahrung und wissenschaftlicher Erfahrung aufzusuchen und für Lernwege zu erschließen.

Nach LUCKMANN war für HUSSERL der Begriff "Lebenswelt" Leitgedanke für ein Forschungsprogramm (LUCKMANN 1990, S. 9f.). Es ging ihm um die

² KUHN kann nicht im Sinne einer Zwei-Welten-Theorie in Anspruch genommen werden, denn er bezieht sich nicht so sehr auf Unterschiede zwischen Alltagserfahrung und wissenschaftlicher Theorie, sondern auf einen ganzen "evolutionären Prozeß", der nicht teleologisch ist und für den er die "Analogie zwischen der Evolution von Organismen und der Evolution wissenschaftlicher Ideen" heranzieht (S. 225f.). Am Ende seines Buches stellt er die auch für die Didaktik bedeutsamen Doppelfragen: "Wie muß die Natur, und damit auch der Mensch, beschaffen sein, damit Wissenschaft überhaupt möglich ist?" - "Wie muß die Welt beschaffen sein, damit der Mensch sie erkennen kann?" Und er schließt: "Jede Auffassung von der Natur, die sich mit dem Wachstum der Wissenschaft vereinbar erweist, ist auch mit der hier entwickelten evolutionären Anschauung von Wissenschaft vereinbar". (S. 226f.)

"philosophische Vergewisserung der lebensweltlichen Fundamente der Wissenschaften". Wird dieses Fundament anerkannt, dann kommen auch "die universell-menschlichen Voraussetzungen" der Wissenschaften als besonderer geschichtlicher Gebilde unserer Kultur zum Vorschein. Grundlage des Erkennens ist nach HUSSERL das selbstverständliche menschliche Erfahren, Erfassen und Handeln. Sehr aufschlußreich ist folgende Stelle:

"Ist die Lebenswelt als solche nicht das Allerbekannteste, das in allem menschlichen Leben immer schon Selbstverständliche, in ihrer Typik immer schon durch Erfahrung uns vertraut? Sind alle ihre Unbekanntheithorizonte nicht Horizonte bloß unvollkommener Bekanntheiten, nämlich im voraus bekannt nach ihrer allgemeinsten Typik? Dem vorwissenschaftlichen Leben freilich genügt diese Bekanntheit ..." (HUSSERL 1962, S. 126; zit. nach LUCKMANN 1990, S. 10).

Die Lebenswelt ist also "ein Reich ursprünglicher Evidenz", in welchem die Wissenschaften entstehen und auf dem sie notwendig gründen:

"Wie andere Vorhaben, praktische Interessen und die Verwirklichung derselben der Lebenswelt zugehören, sie voraussetzen als Boden und sie im Handeln bereichern, so gilt das auch für die Wissenschaft, als menschliche Vorhabe und Praxis." (HUSSERL 1962, S. 143; zit. nach LUCKMANN 1990, S. 11)

Die objektivierende Wissenschaft gründet also in dem "subjektiv-relativen" Apriori der Lebenswelt, und sie hat mit ihr die gleichen allgemeinen Strukturen, die sie im Hinblick auf bestimmte Unbekanntheithorizonte (d. h. unter bestimmten Aspekten) zu beschreiben hat. Es mag sein, daß sich die moderne Wissenschaft in ihrer verästelten Spezialisierung weit von dieser lebensweltlichen Grundlage entfernt hat. Wenn wir aber im Sachunterricht vom "ursprünglichen Verstehen" (WAGENSCHN) der Kinder ausgehen, wird nicht ernsthaft von einer "Entfremdung" gesprochen werden können. Wenn wissenschaftsbezogener Unterricht wirksam werden soll, dann muß er für praktische Probleme Erklärungsmuster und Handlungsmöglichkeiten aufzeigen. Das ist wichtig in einer Zeit, in der sich die "normalen Umstände" rasch ändern und die überlieferte Erfahrung (sofern sie überhaupt noch tradiert wird) nicht mehr ausreicht.

Lebensweltbezogene didaktische Konzepte werden an die Fragestellungen, Probleme und Interessen der Kinder anknüpfen, die in deren Lebenszusammenhängen entstehen. Gekennzeichnet sind sie durch offene Unterrichtsformen und -verfahren, durch Selbsttätigkeit, Projekte und fächerübergreifende Vorhaben (vgl. KAISER 1990).

1.3 Intuition

Eine wichtige Funktion beim Lernen kommt offenbar der *Intuition* zu. Intuition ist - wie auch das Lernen selbst - dem Lehren nicht verfügbar; sie ist aber auch kein willkürlicher Akt des lernenden oder forschenden Menschen, durch den Barrieren des Nichtverstehens durch Entschluß zu überwinden wären. Deshalb ist es sinnlos, jemand zu einem "intuitiven Sprung" aufzufordern.

Intuition ist eine Grundform des Denkens, sie setzt ein Problembewußtsein voraus und beruht auf *Erfahrung* und *Einfall*. Intuition dient der Wahrnehmung von etwas Allgemeinem (z. B. der Bildung eines Begriffs) aus besonderen Fällen. Als wichtiges Moment des produktiven Denkens und Forschens impliziert sie das Erfassen des Sinnes, der Bedeutung oder der Struktur eines Problems, eines Vorgangs oder einer Situation und produziert Vermutungen und Ideenkombinationen, die wiederum durch analytisches Denken und Empirie überprüfbar sind³.

Vom logischen Schluß der Induktion unterscheidet sich Intuition durch Freiheit, Offenheit, Unverfügbarkeit, aber auch durch die Unsicherheit des Ergebnisses. Zu neuen Begriffen oder zu den elementaren Gesetzen der Physik, sagt EINSTEIN, "führt kein logischer Weg, sondern nur die auf Einfühlung in die Erfahrung sich stützende Intuition" (EINSTEIN 1979, S. 109).

Kinder der Grundschule wissen oder mutmaßen nicht selten etwas, ohne es in Worte fassen zu können. Knüpfen wir an dieses Vorhandene an, dann ergibt sich als Folgerung, daß Lehren und Lernen im Sachunterricht oft auf einer intuitiven Ebene einzusetzen haben (BRUNER 1974, S. 80ff.). Die intuitive Erkenntnis ist ein Urteil, das mitunter auf sehr unscheinbaren, wenig zahlreichen und kaum verifizierbaren Gegebenheiten basiert. Deshalb ist es wichtig, das intuitive Urteil durch Strenge und durch begründbare Methoden des Problemlösens und der analytischen Prüfung zu sichern (KÖHNLEIN 1984, S. 201).

³ Auch Einfälle haben eine rationale Basis in Vorkenntnissen, die in inneren "Suchvorgängen" in Beziehung gebracht werden (vgl. K. LORENZ 1984). - Intuition hängt zusammen mit sinnlichen Wahrnehmungen, inneren Bildern, Erinnerungen, unbewußtem Wissen und Visionen. Deshalb versagt sie besonders da, wo sinnliche Wahrnehmung nicht möglich ist und Erfahrungen fehlen. Wie das Fühlen hat die Intuition ihre gefährlichen Seiten des logischen oder moralischen Irrtums. Intuition kann auch auf animistischer Transduktion beruhen, d. h. auf unreflektierter Übertragung des eigenen Körpergefühls auf außermenschliche (z. B. physikalische) Vorgänge.

Das Moment der Erfahrung als Bedingung gelingender Intuition ist dem Unterricht noch am ehesten verfügbar, weil es an für Kinder handhabbare Beispiele geknüpft werden kann. Ich verweise hier auf die Untersuchungen von K. SPRECKELSEN, in denen deutlich wird, daß Kinder das strukturell Gemeinsame unterschiedlicher Phänomene, die ihnen als solche Beispiele angeboten werden, intuitiv erkennen. In ähnlicher Weise bilden die von K. MÖLLER untersuchten Kinder integrativ - über die verschiedenen Beispiele hinweg - übergreifende Begriffe.

2 Annäherung an naturwissenschaftliches Denken

2.1 Kontinuität als Prozeß der Annäherung

In seinem kurzen Vortrag "Verstehen ist Menschenrecht" (1969) hat sich WAGENSCHNIEDER mit der Meinung auseinandergesetzt, die gediegene Denkweise des täglichen Lebens ("des einfachen Mannes aus dem Volke") "sei eine "besondere" und von ihr aus führe kein Weg zu den Anfangspunkten des wissenschaftlichen Verständnisses" (1970, S. 176).

WAGENSCHNIEDER nennt diese Meinung einen Irrtum und ein Unglück. Er verweist auf die Anfänge der Physik bei GALILEI; dort ging sie hervor aus dem Nachforschen über praktische Probleme als ein Kind "aus einer Ehe zwischen Philosophie und Handwerk" (von WEIZSÄCKER, zit. bei WAGENSCHNIEDER)⁴. Die Ursachen dieses verhängnisvollen Irrtums in der Annahme zweier unvereinbarer Denkweisen vermutet er darin, daß es den Lehrern an Gymnasien und Universitäten nicht gelang, "das Hervorgehen des Wissenschaftlichen aus dem Alltags-Denken klarzulegen". Unter dem Interesse am Fortschritt der Fachwissenschaft verlor sich die "Bemühung um den Anschluß an das Alltägliche und an das naive Denken, um ... Allgemeinverständlichkeit, um Laienbildung ..., der Sinn für die Ursprünge, die Sensibilität für Genese" (ebd., Hervorhebung hinzugefügt).

⁴ Gewiß führt schon bei GALILEI das Nachforschen über technische Probleme und Naturphänomene zu Folgerungen, die mit einer neuen Sichtweise verbunden sind. Aber weder die Physikgeschichte noch die Didaktik beginnt mit Abstraktion, sondern mit lebensnahen Beispielen im Kontext des alltäglichen Denkens.

Eine Spaltung zwischen Fachleuten und Laien entsteht, wo die basalen Zugänge zum Begriffshorizont der Wissenschaft nicht offengehalten und im Unterricht auch begangen werden, d. h. wo nicht die "Wiederentdeckung aus dem Selber-Gewahrwerden des Problems" (S. 177) gelingt und wo Unterricht nur Ergebnisse transportiert, die dann in einem tiefen Sinn unverstanden und fremd bleiben.

Ich teile die Meinung WAGENSCHAINS, daß wir in unserer Zeit höhere Stufen der Abstraktion für alle erreichen müssen; aber nicht durch didaktische Sprünge in Gebiete, bei denen unsere Schüler die zu ihnen führenden Wege nicht kennen⁵. Außerdem sollte die *Wissenschaftsverständigkeit* als eine Aufgabe der Bildung schon in der Grundschule angebahnt werden. Drei Voraussetzungen sind dafür nötig:

Erstens: Es sind "höhere Ansprüche an die *Kontinuität* zu stellen ... an die Ungebrochenheit der Übergänge aus der primären in die zweite Wirklichkeit" (S. 178). Kontinuität ist der Zusammenhang, das Aufeinanderbezogensein der Erkenntnisakte, der Einschluß des Folgenden in das schon Gegenwärtige. Sie ist also nicht ein Begriff empirischer Tatsachenbeschreibung beliebiger Lernprozesse, sondern eine Forderung, ein Prinzip der Gestaltung des Curriculums und ein methodisches Postulat. Sie ist mit dem Verstehen eng verknüpft, denn das Grundmuster von Verstehen ist der psychische Akt des Herstellens von Zusammenhängen.

Zweitens: Gelingendes Verstehen heißt auch, daß wir in den *Sinn* geistiger Zusammenhänge eindringen, d. h. daß wir sie als für uns selbst bedeutsam empfinden und erkennen. Sinn wird konstituiert durch menschliche Subjekte, die einen Sachverhalt in eine Verbindung zu ihren Lebensbezügen bringen.

Drittens: Erste *Annäherungen* an wissenschaftsbezogenes Denken müssen schon im Sachunterricht versucht werden. Für frühe Beziehungen zu Sachgebieten, die in der Grundschule ohne Druck und mit Freude wahrgenommen werden, besteht die Hoffnung auf eine gewisse Stabilität⁶.

⁵ "Wo liegt denn dieses Mallorca?" "Ich weiß nicht, wir sind hingeflogen."

⁶ Wissenschaftsverständigkeit als Aufgabe grundlegender Bildung hat zumindest eine Wissenskompone, eine Vernunftkomponente und eine ethische Komponente. Darauf kann hier nicht eingegangen werden (zum Begriff vgl. WAGENSCHAIN 1965 I, S. 170; 1970 II, S. 178f.; 1983, S. 85). In einer Gesellschaft, die Wissen durch (fortgeschrittene und

2.2 Ein Beispiel

In der Sekundarstufe beginnen die Fächer mitunter wie Flüge in fremde Welten. Aber wo man fremd ist, versteht man nur wenig. Auch deshalb ist Annäherung schon in der Grundschule erforderlich, sonst wird der Anfang der Fächer für die Schüler zu leicht ein blindes Tasten in einer fremden Sphäre.

Wie ich mir tragfähige Anfänge in der Grundschule vorstelle, möchte ich mit Hilfe eines literaturbekannten Beispiels andeuten, bei dem ich mich kurz fassen kann. Es geht um Annäherung und um Ausbildung von Kristallisationskernen des Verstehens.

Das Beispiel ist von Wolfgang FAUST: Camera obscura (1984, S. 155 - 163).

"In einem dunklen Raum, der nur durch eine kleine Öffnung im Fensterladen mit dem vom Sonnenlicht erleuchteten Raum zusammenhängt, erscheint auf der der Öffnung gegenüberliegenden weißen Wand ein verkehrtes, farbiges, perspektivisches Bild der äußeren Gegenstände. Es ist dies eine Erscheinung, die auf jeden, der dieselbe zum erstenmal sieht, einen wahrhaft magischen Eindruck macht."
(E. MACH, zit. n. FAUST, S. 155)

FAUST führt Grundschulkinder (hier viertes Schuljahr) in ein zur Camera obscura umgestaltetes Zimmer. Das Protokoll vermittelt das Engagement und die Faszination der Schüler. Voll Staunen beginnen sie sofort das merkwürdige Phänomen zu untersuchen. Ich greife nur wenige Äußerungen heraus:

"Joachim (aufgeregt): (Die Sonne) wirft seinen Schatten auf die Leinwand. Da sieht man dann, was er macht.
... Das ist eine ..., das, das ist einfach eine Glasscheibe mit einem Loch dran! ...
... Und da funktioniert es eben. Da wirft die Sonne ... wirft den Patrik durch das Loch! ...
Rüdiger: Genauso wie beim Fotoapparat. Da ist's genauso ...
Joachim: ...Das funktioniert so: Der Peter steht vor dem Loch und die Sonne wirft ..., scheint auf ihn und wirft sein Bild da rein!
... Der steht grad Kopf!" (FAUST 1984, S. 155 ff.)

Am Anfang steht die sinnliche *Erfahrung*. Man spürt die Betroffenheit der Schüler, und diese Betroffenheit drängt sie zum Sprechen. Für das, was

spezialisierte) Wissenschaft erzeugt, verliert der common sense an Kompetenz. Mündigkeit setzt dann voraus, daß sich unser "Informationsraum" über unseren Handlungs- und Erfahrungsraum hinaus ausdehnt. Zugleich aber wird Vertrauen auf Kompetenz und Redlichkeit von Fachleuten unentbehrlich. - Auf das Problem der oft festgestellten Demotivierung in der Orientierungsstufe kann hier gleichfalls nicht eingegangen werden.

WAGENSCHN in Anschluß an Simone WEIL "enracinement" (Einwurzelung) nennt, ist es wichtig, daß die Kinder mit dem Sachverhalt zunächst frei umgehen und ihn auch emotional aufnehmen können.

Erst dann folgt die *genauere Vergewisserung der Fakten*. Die Kinder stellen Vermutungen an, suchen Vergleiche. Sie prüfen die Funktion der Camera obscura, indem sie dem Mitschüler auf der Terasse vor dem Raum Anweisungen geben und die Projektion des Geschehens begeistert beobachten. Schließlich wollen sie durch eine rationale Rekonstruktion der Zusammenhänge eine *Erklärung* finden, die es ihnen ermöglicht, das merkwürdige Phänomen zu verstehen, d. h. mit ihrem bisherigen Wissen und mit ihrer Erfahrung zu verbinden.

Der Lehrer gibt ihnen Raum für ihre Aktivitäten; es geht ihm nicht um schnelle Ergebnisse, sondern um die Wirkung des Phänomens als Ansatzpunkt für eigenständiges Nachdenken, Suchen, Prüfen und Erkennen.

"Er wird im weiteren Verlauf, wenn es um Klärung der Beobachtungen geht, mit den Schülern überlegen und mitdenken, jedoch keine Informationen vorgeben, eher den Erkenntnisprozeß noch 'stauen'. Seine Führung beschränkt sich auf ein Reflektieren und Strukturieren des Erkenntnisprozesses in der Art, daß er Schüleräußerungen aufnimmt und fragt: Kann das stimmen? Was meinen die anderen dazu? Wie könnte man das nachprüfen? Was wissen wir schon? Was noch nicht?" (S. 161)

2.3 Lernen als Zuwachs

Der Lehrer Wolfgang FAUST erzeugt in unserem Beispiel eine Situation, welche die Kinder zur Reflexion der ungewohnten Wahrnehmungen anregt, und er eröffnet damit einen *Einstieg* in physikbezogenes Denken. Die Erklärung des Phänomens ist daraus nicht ablesbar, sondern muß nach Maßgabe einer (intuitiv gewonnenen) Idee konstruiert werden; zum Beispiel erfordert sie eine bestimmte Konzeption von Licht: Die Sonne scheint auf den Schüler vor dem Fenster, und von da kommt das Licht durch das Loch auf die Leinwand und erzeugt dort ein Bild. Die gedankliche Rekonstruktion eines Vorganges ist der Weg zu einer befriedigenden Erklärung.

Ein genetisch-exemplarischer Unterricht (wie in dem Beispiel) ist nicht auf Schnelligkeit der Informationsvermittlung angelegt, sondern trägt der

Langsamkeit des verstehenden Lernens Rechnung⁷. "Stauen" statt beschleunigen mahnt WAGENSCHNEIDER, und er fordert jene Gründlichkeit, die für das Verstehen erforderlich ist. Die Idee, die neue Einsicht, muß in den Lernenden wachsen, gefördert durch das Gespräch und das handelnde Erkunden in der Vielfalt der Zugriffe. Die Annäherung an den Sachverhalt ist zugleich emotional und rational. Sie erfolgt in kontinuierlicher Auseinandersetzung; von einem Sprung ist nichts zu bemerken. Was sich vollzieht, läßt sich als eine nur sehr *partielle Umstrukturierung und Erweiterung des Bewußtseins* beschreiben, nicht als "Revolution der Gesinnung" (KANT).

Schulisches Lernen ist nicht eine Angelegenheit mutiger Entschlüsse in dem Sinne, daß das neue Wissen, die neue Einsicht durch Entscheidung der lernenden Menschen erreicht würde. Denn es ist nicht der Übergang von einem relativ gefestigten Paradigma des Sehens und Denkens zu einem anderen, sondern ein *Zuwachs* und der damit verbundene Aus- und auch allmähliche Umbau der kognitiven Struktur. Lernen, curricular konzipiert als Zuwachs, vermeidet jedenfalls die Spaltung der Persönlichkeit und vertraut zugleich auf ein gewisses Maß von Selbstorganisation des Wissens und Erkennens der Lernenden in der Dynamik wachsender Interessen.

Wissenschaftsbezogenes Erkunden, das im Prinzip in den seit DEWEY bekannten Stufen verläuft (erkennen einer Schwierigkeit, bestimmen des Problems, Lösungsentwürfe und Durchführung der Lösung, Feststellung des Ergebnisses), also ein Handeln, das dieser Struktur folgt, ist Grundschulern nicht fremd, sondern in seiner "allgemeinsten Typik" (HUSSERL) schon aus dem freien und spontanen Spiel bekannt, wie SOOSTMEYER (1978) gezeigt hat (vgl. dazu KERSCHENSTEINER 1914, KÖHNLEIN 1982, SOOSTMEYER 1988, S. 291ff.).

Bei seinen Annäherungen an wissenschaftsbestimmtes Verstehen arbeitet der Sachunterricht mit den "ungenau definierten Begriffen der gewöhnlichen

⁷ Es entspricht der Langsamkeit des Lernens, daß bestimmte Betrachtungsweisen, Einsichten, Erkenntnisse und Begriffe nicht "in einem Anlauf" und nicht in direktem Zugriff vermittelt werden können, daß es zu ihrem didaktischen Aufbau bestimmter Vorbereitungen, Grundlegungen und mehrfacher Bemühungen (Aufbau von Voraussetzungen und Wiederholungen) bedarf, bis der einzelne Schüler das Neue verstehend aufgenommen und integriert hat. Die ältere Didaktik spricht hier von der konzentrischen Entwicklung oder vom konzentrischen Aufbau. Der moderne Begriff des Spiralcurriculums ist eine anders akzentuierte Fortführung dieses Gedankens.

Sprache" (HEISENBERG). Denn es sind solche an der Erfahrung der täglichen Wirklichkeit angebundenen Begriffe, die sich als stabil und erkenntnisleitend bei der Erweiterung und Differenzierung des Wissens erweisen. Beispiele für solche Begriffe sind "Gleichgewicht" (ausgehend von der Wippe) oder "Wucht" (z. B. des Hammers oder der Stampfe in den Untersuchungen von K. MÖLLER, 1988, s. auch KÖHNLEIN 1990b). Solche Begriffe und die mit ihnen verbundenen Vorstellungen sind wie ein Baugerüst, von dem aus an der Erkenntnis weitergebaut werden kann. Eine Aufgabe des Sachunterrichts ist es, tragfähige Ideen und Kristallisationskerne weiterführenden Lernens zu erzeugen.

3 Schluß

Wie eine weiterwirkende Idee bei einem Kind zustande kommt und im Unterricht induziert werden kann, ist für den Pädagogen nicht weniger interessant als für den Kosmologen die Geburt der Welt. Die *Kontinuitätsforderung* steht im Rahmen einer genetischen Didaktik; von da aus ist zu fragen, ob Diskontinuitäten Mängel im Lernprozeß sind, die wir überwinden müssen⁸, oder ob es sich um innere, wesensmäßig gegebene Momente oder Strukturmerkmale des Lernens handelt.

Im übrigen ist es wenig wahrscheinlich, daß die eine oder andere Richtung durch Empirie endgültig widerlegt werden könnte. Denn über die Resistenz und die Überlebensstrategien der Theorien hat uns die Wissenschaftstheorie hinlänglich belehrt. Außerdem wären Wechselwirkungen zwischen Theorie und praktizierter Empirie zu bedenken: der jeweilige didaktische Ansatz scheint in der Praxis genau das zu erzeugen, was er in seinen Untersuchungen zu dieser Praxis zu finden hofft. Man müßte aus diesem Grund zur Stützung der eigenen Position auch auf die Unterrichtsbeispiele des anderen Lagers zurückgreifen.

Mindestens ebenso wichtig wie die Empirie erscheint mir zur Aufhebung der bestehenden Kontroverse die *Analyse der Ziele* und ihres jeweiligen Stellen-

⁸ Solche Diskontinuitäten gibt es zunächst im organisatorischen Bereich und im Aufbau bzw. in der Abstimmung der Lehrpläne.

wertes in den Konzeptionen. Dabei denke ich weniger an die konkreten Stoffziele, sondern an die übergreifenden, in Philosophie und Anthropologie verankerten pädagogischen Maximen. Die Frage ist also: Was wollen wir erreichen? Welches Menschenbild leitet unsere Pädagogik?

Einig sind wir uns vermutlich darin, daß schulisches Lernen nicht nur dem Wissen als Lebenshilfe zur praktischen Orientierung in der Welt dient, sondern darüber hinaus dem *Verstehen*. Mit "Verstehen" meine ich die Fähigkeit, einen Sachverhalt nach Maßgabe der Perspektiven, die unsere Kultur ausgebildet hat, nachzukonstruieren.

Literatur

- AISSSEN-CREWETT, M.: Alltagserfahrung und experimentell-empirische Erfahrung. Didaktische Überlegungen zum Problem von Kontinuität und Diskontinuität. In: WIEBEL K.H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Alsbach 1990, S. 362ff.
- BRUNER, J.S. (Hrsg.): Lernen, Motivation und Curriculum. Frankfurt/M. 1974.
- EINSTEIN, A.: Mein Weltbild. Hrsg. von C. SEELIG. Frankfurt/M. u.a. 1979.
- FAUST, W.: Camera obscura. In: BAUER H.F./KÖHNLEIN W. (Hrsg.): Problemfeld Natur und Technik. Bad Heilbrunn 1984, S. 155 -163.
- von HENTIG, H.: Die Menschen stärken, die Sachen klären. Ein Plädoyer für die Wiederherstellung der Aufklärung. Stuttgart 1985.
- HUSSERL, E.: Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie. Eine Einleitung in die phänomenologische Philosophie. Husserliana, Bd. VI. Den Haag 1962².
- KAISER, A.: Wie arbeiten lebensweltorientierte Ansätze? Prinzipien und Methoden lebensweltorientierter Bildungsarbeit. In: Grundlagen der Weiterbildung, 1 (1990) 1, S. 13 -18.
- KÖHNLEIN, W.: Exemplarischer Physikunterricht. Beispiele und Anmerkungen zu einer Pädagogik der Physik. Bad Salzdetfurth 1982.
- KÖHNLEIN, W.: Zur Konzipierung eines genetischen, naturwissenschaftlich bezogenen Sachunterrichts. In: BAUER H.F./ KÖHNLEIN W. (Hrsg.): Problemfeld Natur und Technik. Bad Heilbrunn 1984, S. 193-215.
- KÖHNLEIN, W.: Über einige Aufgaben des Sachunterrichts und ihre Konsequenzen für das Lehren und Lernen. In: LÖFFLER G./MÖHLE V. (Hrsg.): Die Kontinuitätsthese des Lernens und ihr Zusammenhang mit Untersuchungen an Schüleräußerungen im Hinblick auf den Sachunterricht Naturwissenschaft/ Technik. Bielefeld o.J. (1986), S. 7-12.

- KÖHNLEIN, W.: Sachunterrichtsdidaktik und die Aufgabe grundlegenden Lernens. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 16 (1988) 12, S. 524-531.
- KÖHNLEIN, W.: Grundlegende Bildung und Curriculum des Sachunterrichts. In: WITTENBRUCH W./SORGER P. (Hrsg.): Grundschule und Allgemeinbildung. Münster 1990a, S. 107-125.
- KÖHNLEIN, W.: Sachunterricht als Entwicklung von Schülervorstellungen. In: WIEBEL K.H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Alsbach 1990b, S. 359-361.
- KUHN, T.S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt/M. 1973.
- LÖFFLER, G.: Über die Kontinuitätsthese des Lernens und die Grundlage ihrer Plausibilität. In: LÖFFLER G./MÖHLE V. (Hrsg.): Die Kontinuitätsthese des Lernens und ihr Zusammenhang mit Untersuchungen an Schüleräußerungen im Hinblick auf den Sachunterricht Naturwissenschaft/Technik. Bielefeld o. J. (1986), S. 29-43.
- LÖFFLER, G./MÖHLE, V. (Hrsg.): Die Kontinuitätsthese des Lernens und ihr Zusammenhang mit Untersuchungen an Schüleräußerungen im Hinblick auf den Sachunterricht Naturwissenschaft/Technik. Bielefeld o.J. (1986).
- LORENZ, K.: Gestaltwahrnehmung als Quelle wissenschaftlicher Erkenntnis. In: LORENZ K.: Über tierisches und menschliches Verhalten, Bd. II. München/Zürich, Neuausgabe 1984, S. 255-300.
- LUCKMANN, T.: Lebenswelt: Modebegriff oder Forschungsprogramm? In: Grundlagen der Weiterbildung, 1 (1990) 1, S. 9-13.
- MÖLLER, K.: Lernen durch Tun. Handlungsintensives Lernen im Sachunterricht der Grundschule. Frankfurt u.a. 1987.
- MÖLLER, K.: Zum Denken 9- bis 11jähriger Grundschulkinder über Phänomene und Probleme aus Natur und Technik. Unveröffentl. Ms. 1988.
- SCHÜRMANN, H.W.: Theoriebildung und Modellbildung. Wiesbaden 1977.
- SOOSTMEYER, M.: Problemorientiertes Lernen im Sachunterricht. Paderborn u.a. 1978.
- SOOSTMEYER, M.: Zur Sache Sachunterricht. Begründung eines situations-, handlungs- und sachorientierten Unterrichts in der Grundschule. Frankfurt/M. u.a. 1988.
- SPRECKELSEN, K.: Über Analogien zwischen Grundschulern und Erwachsenen bei der Erfahrungerschließung in Sachbegegnungen. In: SOOSTMEYER M. (Hrsg.): Erfahrungerschließung in Sachbegegnungen. Essen 1988, S. 125-133.
- SPRECKELSEN, K.: Zum Verhältnis von Sachstruktur und Umweltorientierung im Sachunterricht der Grundschule. In: THIEL S. (Hrsg.): Uminterpretation von Sachunterrichtsthemen. Freiburg 1989, S. 30-40.
- WAGENSCHIN, M.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Bde. I und II. Stuttgart 1965 und 1970.

- WAGENSCHN, M.: Verstehen ist Menschenrecht. In: Neue Sammlung, 9 (1969)4, S. 327-331 (abgedruckt in WAGENSCHN 1970, S. 175-179).
- WAGENSCHN, M.: Kinder auf dem Wege zur Physik. Stuttgart 1973 (Weinheim/Basel 1990, 2. erw. Aufl.).
- WAGENSCHN, M.: Erinnerungen für morgen. Eine pädagogische Autobiographie. Weinheim/Basel 1983 (2. erg. Aufl. 1989).
- WIEBEL, K.H.: Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Alsbach 1990.
- WIESENFARTH, G.: Kurzbericht über den Workshop "Sachunterricht". In: WIEBEL K.H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Alsbach 1990, S. 356-358.

ANALYSE VON WAHRNEHMUNG UND AUSDRUCK ALS METHODISCHER WEG ZUR EINSICHT, WIE KINDER ERKENNEN

Gerhard LÖFFLER, Universität Bielefeld

1 Phänomenologische Analyse

Auf der Tagung in Kassel ist, wenn meine Erinnerung nicht trügt, abgesprochen worden, während der Frühjahrstagung Video-Material unter verschiedenen Gesichtspunkten zu analysieren und so die Tragfähigkeit oder wenigstens die Brauchbarkeit verschiedener Methoden zu prüfen. Das Prüfungsergebnis wird sowohl zur Didaktik des Sachunterrichts als auch zur Lehrerausbildung beitragen. Das bedingt auch, daß die Methoden zur Analyse von Videoaufzeichnungen nicht in der Beschreibung von Modellen der Analyse enden sollten. Vielmehr ist der Begriff der Methode, einer Sache gemeinsam nach Regeln kunstgerecht nachzugehen, hierbei möglichst in allen Bestimmungsstücken zur Geltung zu bringen. Die Kunstgerechtigkeit hebt darauf ab, daß eine Methode auf ein Gegenstandsfeld unter einem Gesichtspunkt zu dessen Erschließung ausgerichtet ist. Die Gemeinsamkeit, hier eingefordert, erinnert an die Bedingung, sich über die Regeln des Vorgehens im voraus zu verständigen. Wenn wir uns über Wege der Analyse streiten, werden wir es auch über die beiden anderen Einbindungen der Methode in eine Disziplin tun müssen. Das Gegenstandsfeld ist das Lernen im Sachunterricht, der leitende Gesichtspunkt ist durch die Auffassung von der Gangstruktur des Lernens gegeben. Ob der leitende Gesichtspunkt das Gegenstandsfeld der Untersuchung angemessen in den Blick bringt, entscheidet nicht - jedenfalls nicht allein - der Zugriff auf eine philosophische Position. Die Angemessenheit der Betrachtungsweise muß sich an den untersuchten Gegenständen ausweisen lassen, d.h. die angemessene Auffassung von der Gangstruktur des Lernens am Lernen und somit auch daran, wie Schüler erkennen. Die phänomenologische

Analyse beschreibt die Korrelation zwischen zu erkennendem Gegenstand und zugehöriger Erfassungsart, wobei die Gegenstände Themata der Bewußtseins-tätigkeit (des Wahrnehmens, Erkennens, usw.) sind und die Erfassungsarten unmathematisch fungieren (HEIDEGGER 1979). Sie weist als wesentlichen Zug einer einführenden Verständigung über Physik ein Umlernen (REDEKER 1982) aus, insofern ein Gegenstand nur unter dem physikalischen Gesichtspunkt und durch ihn gegebener Erfassungsart als physikalischer erkannt wird und diese physikalische Hinsicht nicht aus der lebensweltlichen abzuleiten ist. Insbesondere entspringt die Physik bei GALILEI nicht einer lebensweltlichen Auffassung der Fallbewegung sondern ihrem mathematischen Entwurf.¹ Physik zu lernen fordert, diesen Gesichtspunkt, der einen Verständnishorizont bezeichnet, aufzugreifen. Wie kann Lehren Lernen dahin bringen? BUCK weist 1969², S. 83ff., aristotelische Bestimmungen aufgreifend, dem Beispiel diese Funktion zu. Beispiele sind Hinführungen zu etwas und als Hinführungen Ursprünge des Verstehens. Ein Beispiel ist immer ein Besonderes, das für anderes gleicher Art und Allgemeines steht. Wer ein Beispiel fordert, erwartet, daran Einsicht in eine ohne Beispiel gegebene Darlegung zu gewinnen; wer eines gibt, will damit anleiten, ein Allgemeines aufzufassen. Beispiele haben für eine einführende Verständigung über Physik jedoch im Hinblick auf den physikalischen Gesichtspunkt aufgrund des mathematischen Entwurfs eine komplexere Funktion (REDEKER 1982). Beispiele greifen schon Verstandenes auf, um daran noch zu Verstehendes hervorzuheben. Soweit die Beispiele lebensweltliche Erfahrungen aufgreifen, weisen sie auf lebensweltlich Allgemeines hin. Zur Einführung in die Physik müssen sie auch auf physikalisch Allgemeines führen können, die Beispielmaterie als physikalische Gegenständlichkeit unter physikalischer Erfassungsart, kurz: unter physikalischer Hinsicht, vorstellig machen. Die physikalische Hinsicht ist nicht unter lebensweltliche Auffassungen zu subsumieren oder daraus abzuleiten. HUSSERL (§ 9) nennt die Konstitution der physikalischen Hinsicht eine Urstiftung. Der lebensweltliche Sinn des Beispiels muß beiseite gestellt, von ihm muß abgesehen werden, damit in physikalischer Erfassungsart die Beispielmaterie als physikalische Gegenständlichkeit in den Blick kommen kann. Von lebensweltlicher Auffassung absehen (deren Gültigkeit für die Lebenswelt nicht außer Kraft gesetzt werden kann und unter welche die Resultate naturwissenschaftlicher Forschung in technischer Anwendung schließlich gebracht

¹ Vgl. hierzu den § 9 in HUSSERL 1982 und auch HUSSERL 1986, REDEKER 1982).

werden), um eine Gegenständlichkeit als physikalische sehen zu können, geschieht im Durchlaufen durch eine aporetische Situation. Der Kürze halber, weil dies nicht Thema der weiteren Ausführungen ist, sei auf COPEIS Schrift "Der fruchtbare Moment im Bildungsprozeß" (1962) hingewiesen. Das aporetische Element des Beispiels tritt in Funktion, indem an ihm gezeigt wird, daß es in Beschränkung auf das lebensweltliche Wissen das erstrebte, zu vermittelnde physikalische Wissen nicht geben kann, weil physikalische Gegenständlichkeit nicht Gegenstand lebensweltlicher Erfahrung ist. Das gilt nicht erst für ausgearbeitete Theorien oder ausgefeilte experimentelle Untersuchungen, sondern von Anfang an: Im Bereich alltäglicher Erfahrung und technischer Anwendung physikalischer Ergebnisse kommen kräftefreie Bewegungen und der "freie Fall" beliebiger Massen, die unter sonst gleichen Umständen nur bei verschiedener Masse gleich schnell fallen, nicht vor. Die Unverständlichkeit der Physik unter alltäglich erprobten Urteilkategorien war GALILEI bewußt. Er schreibt über seine Grundlegung der Fallbewegung:

"...; diese Lehre, sage ich, ist vollkommen neu und auf den ersten Anblick recht unwahrscheinlich, so daß, wenn man sie nicht genug aufhellen und klarer als die Sonne erscheinen lassen könnte, es besser wäre, sie zu verschweigen als ihr Ausdruck zu geben;" (GALILEI 1973, S. 74)².

Die Verständigung über Physik zielt auf eine Einsichtnahme in eine neue Gegenständlichkeit gegen Selbstverständlichkeit und Typik geübter Praxis; Trägheitsbewegung und freier Fall usw. sind in diesem Sinn ohne entsprechende Belehrung unverständlich. Zum Impulssatz bemerkt ein Schüler: "Wenn der Impulssatz richtig ist, dann muß eine Brücke wackeln, wenn sich eine Fliege auf das Geländer setzt. Und das ist unmöglich." (AUFDERHEIDE/RÖSNER/TIPPE o.J.).

Gelegentlich wird unter Berufung auf EINSTEIN die obige Erörterung unter den Titel "intuitiver Sprung" (AISEN-CREWETT 1990) gebracht. Dies wird auch so gedeutet, als sollte dem Lernen ein Bekehrungsvorgang unterschoben werden. Davon kann phänomenologisch keine Rede sein.

² Vgl. den Beitrag von W. KÖHNLEIN in diesem Band.

2 Was heißt Erkennen?

Mit dem Wort "erkennen" (GRIMMs DEUTSCHES WÖRTERBUCH) werden ein Verhalten und ein Tun benannt, die zu Kenntnissen führen, sei es durch aufmerksames Erfassen oder aktives, eigenes Verschaffen solcher Kenntnisse, die zu erkennen geben, was zu erkennen war. Im Erkennen entsteht und entfaltet sich Kenntnis von etwas oder jemandem. Erkennen bezeichnet einen Typus sinnlichen Wahrnehmens (des Sehens, Hörens, Tastens), Unterscheidens und Herausfindens sowie Entsprechendes im geistigen Tun und Verhalten; Erkennen umfaßt das Wiedererkennen, das ist das Erkennen, daß Kenntnis oder Bekanntheit schon bestehen, jedoch durch Umstände oder Besonderheiten der Situation verdeckt waren, sowie das Erkennen von Neuem, das heißt wenig oder nicht Bekanntem. Was mit "Wiedererkennen" gemeint ist, soll uns ein Stück voranbringen, indem wir Beispielsätze betrachten. Was bedeuten Sätze wie

"Jemanden an etwas erkennen, jemanden als diesen Bekannten erkennen, ihn überhaupt wiedererkennen, einen Weg wiedererkennen"

in Hinblick auf die Kenntnis und das Wissen, das im Erkennen fungiert? Wiedererkennen bestätigt, schon Kenntnis zu haben: Wird jemand von mir an seiner Stimme, seinem Gang oder in einem Brief an seiner Handschrift erkannt, verfüge ich über die für ein Wiedererkennen erforderliche Kenntnis in dem Maße, daß die Wahrnehmung einer Spur, einer Eigenschaft oder Eigenart mich an die betreffende Person denken macht.³

Von dem, was mir zur Kenntnis kommt, werde ich darauf verwiesen, an jemanden mich zu erinnern, der mir als eine bestimmte Person bekannt ist. Im Wiedererkennen fungiert ein Vorverständnis vom Begegnenden, wodurch ich das, was ich zur Kenntnis nehme, als mir schon so und so bekannt auffasse, ohne in der Regel Erinnerungen mit Wahrnehmungen zu vergleichen (es gibt auch solches Wiedererkennen, das mittels Durchmustern von Erinnerungen herbeigeführt werden soll).

Das Wiedererkennen ist "Spielart", Abwandlung des Erkennens; es bringt mich darauf, etwas schon zu kennen, eine Tätigkeit schon zu können, was sonst erst als Frucht des Erkennens (der Kenntnis) mit der Folge des Könnens

³ vgl. hierzu HELD 1985 bis HUSSERL 1982 sowie SZILASI 1959).

gewonnen wird; Unerkennbarkeit wahrgenommener Gegenstände in der vertrauten Typik alltäglicher Praxis in lebensweltlicher Hinsicht ist nicht vorstellbar. Wahrgenommenes ist oftmals (neue Geräte, neue Landschaften) noch nicht bekannt und unbestimmt, aber wahrgenommen als bestimmbar, erkennbar. Die Lebenswelt umgreift meine lebensweltlichen Erfahrungs- und Verständnishorizonte und wird von dort durchgehend von einer typischen Vertrautheit und Bekanntheit bestimmt, die fundiert ist in meiner Vertrautheit mit den Bewandtniszusammenhängen, in denen ich lebe.

3 Wahrnehmung und Ausdruck

Die Bedeutung des Wortes 'erkennen' ist nicht eindeutig anzugeben, sondern unterliegt der Abwandlung im Gebrauch, aber wiederum erschöpfen die Gebrauchsumstände die Bedeutung nicht, weil die Redeintention, welche ein Auffassung vom methodischen Gang des Erkennens im Hinblick auf den zu erkennenden Gegenstand einschließt, nicht in den Umständen aufgeht.

Was bisher über das Erkennen gesagt wurde, soll am Wort 'wahrnehmen' deutlicher vor Augen gestellt werden. Erkennen ist darauf ausgerichtet, zu Kenntnissen zu kommen, Wahrnehmen wird vollzogen im Wahrnehmen von etwas. Bewußtsein ist immer Bewußtsein von etwas, selbst im passiven Zuwenden beispielsweise im Erleben der Schönheiten der Natur. Wir denken keine reinen Gedanken ohne Gegenständlichkeit. Selbst Träume (und Halluzinationen) sind Träume von Gegenständlichkeiten möglicher, wenn auch zuweilen bizarrer oder nur gewünschter Erfahrung. "Ich sehe von meinem Aufenthaltsort aus ein Auto dort auf der Straße". Das kann heißen, daß ich es jetzt sehe in originärer, leibhafter Gegebenheit, in der Gegenwärtigkeit des Wahrgenommenen; es kann mit diesem Satz eine Erinnerung ausgedrückt werden: Gestern um 14.00 Uhr galt: "Ich sehe", dann liegt eine Gegenwärtigung vor, die sich dann auch im gesprochenen Satz anzeigt. Weiterhin kann ich mir einen solchen Sachverhalt vorstellen, oder - noch stärker - kann ich halluzinatorisch vermeinen, ein Auto fahren zu sehen. Das Sehen, das Wahrnehmen, ist als Bewußtseinstätigkeit auf Wahrzunehmendes bzw. Wahrgenommenes gerichtet. Weil Bewußtseinsakte nicht in strenger Bindung an Sinneserfahrungen wie in einem Reiz-Reaktions-Mechanismus vollzogen

werden, bin ich frei, mich interessierenden Gegenständen zuzuwenden, Trugwahrnehmungen und Halluzinationen zu haben, kann ich mir etwas vorstellen und mich daran erinnern, kann ich planen und entwerfen. Es ist mir keine Psychologie bekannt, die solche Strukturen des Verhaltens in den Blick nimmt. In der Phänomenologie wird die hier nur umrissene Struktur der Bewußtseinstätigkeit unter dem Begriff der Intentionalität als sich-richten-auf-etwas gefaßt, der die Korrelation von Wahrgenommenem und Wahrnehmungsart, von Gegebenem und Gegebenheitsweise, von Aufgefaßtem und Auffassen und so für alle Bewußtseinstätigkeit zum Ausdruck bringt.

Indem ich einen Gegenstand in einer bestimmten Perspektive sehe, nehme ich diesen Gegenstand wahr und nicht allein den perspektivischen Anblick. Es muß also vor jeder Beschäftigung mit Einzelwahrnehmungen Strukturen der Wahrnehmung geben, die an Wahrnehmungen abzunehmen sind. Das Auto, das ich betrachte, kann irgendeines, mir nur als Typ bekanntes, sein. Von einem Typ sind mir in der Regel vor einer Beschäftigung mit dem betrachteten Exemplar Eigenschaften bekannt. Es hat z. B. eine charakteristische, herstellertypische Form, einen niedrigen cw-Wert, hohe Beschleunigung, gutmütiges Verhalten bei raschen Kurvenfahrten, ist geeignet für Kleintransporte oder als Familienkutsche und anderen Bewandnissen. Aufgrund meiner Erfahrung mit meinen Autos weiß ich, was mit anderen typischerweise ausgeführt werden kann. Das Auto ist, so gesehen, ein Gebrauchsding meiner Umwelt, ein Umweltding, das als Gegenstand meiner Lebensführung in einer menschlichen Gemeinschaft auch unter andere, z. B. verkehrsrechtliche und verkehrspolitische Betrachtungsweisen fällt. Abweichend davon wird das Auto betrachtet, wenn seine Veränderungen unter dem Einfluß von Naturprozessen untersucht werden: Es zeigt sich als Naturding. Allerdings fällt dabei auch die technische Herkunft (insbesondere der Materialien) auf. Sie sind so, wie sie genutzt werden, in der Natur nicht vorzufinden. Die Naturbedingtheit der Gebrauchsdinge kommt nicht unmittelbar an ihnen selbst und allen anderen Erfahrungen voraufliegend zu Bewußtsein, weil sie von der Gebrauchstüchtigkeit und technischen Herkunft überdeckt wird. Dinge haben (sie werden so aufgefaßt) jeweils in eigener Betrachtung den Charakter von Umweltdingen oder Naturdingen, deswegen sind sie jedoch noch nicht Gegenstände der Naturwissenschaft.

Überhaupt müssen wir an der Wahrnehmung noch herausstellen, welcher

Struktur die Dingauffassung folgt und was es heißt, die letztere in einen Horizont der Verweisungen einzubinden, um damit gerüstet das Thema der Wahrnehmung und ihres Ausdrucks und von dort endlich das Erkennen in den Blick zu nehmen.

Was bedeutet die Mitteilung 'Ich sehe ein Auto fahren' hinsichtlich der Dingauffassung? Die phänomenologische Betrachtung einer solchen Wahrnehmungssituation klärt den komplexen Sachverhalt, daß die Aussage über die Wahrnehmung die Auffassung zum Ausdruck bringt, ein Auto zu sehen, obwohl es immer nur in einer bestimmten Perspektive gesehen wird. Um z. B. eine volle Wahrnehmung der Außenansicht zu erhalten, muß ich um das Auto herumgehen. Nur so erfüllt sich 'das Sehen des Autos' im Wahrnehmen. Die Aussage, ein Ding zu sehen, behauptet mehr als die einzelne Wahrnehmung an Gegenständlichkeit gibt, nämlich: Autoansicht von dieser Seite. Gemäß der Auffassung, ein Ding zu sehen, wird erwartet, zur gesehenen Perspektive bei Wechsel der Blickrichtung eine entsprechende Rückseite anzutreffen; die Farbe oder Farbigkeit der einen Seite erwarten wir auch, vielleicht abgewandelt, auf den anderen Seiten vorzufinden, und der Anblick einer unbeschädigten Karosse von einem Standort aus bringt uns zur Annahme, sie sei vollständig intakt; im Unterschied zu dem Fall, da zuerst ein beschädigter Anblick wahrgenommen wird, der, weil Beschädigungen nicht typischerweise zu einem Auto gehören, nicht auch anderen, zunächst nicht sichtbaren Partien zugeschrieben wird. Es sind Wahrnehmungsreihen zu durchlaufen, die erst insgesamt ausweisen (bestätigen oder enttäuschen), daß das zuerst in einer Perspektive Wahrgenommene auch das in der Wahrnehmung aufgefaßte Ding ist. Oder es zeigt sich im Fortgang des Wahrnehmens ein anderes Ding, die erste Dingwahrnehmung als Antizipation wird nicht bestätigt, sondern unter Ausweis eines anderen Wahrnehmungsgegenstandes enttäuscht, indem beispielsweise die "Wahrnehmung dieses Autos" abgelöst wird durch die Einsicht, da ich mich geirrt und nur ein Bild vor mir habe. Analog dazu zeigt erst der Gebrauch eines Gegenstandes seine Tauglichkeit in der erwarteten Art, oder: schon bekannte Gebrauchsgegenstände verweisen uns auf Gebrauchssituationen, ihre Abwandlungen und Verlaufsreihen des Anwendens (des Gebrauch-machens-von), anders formuliert: auf die alltäglichen Bewandnisse und ihnen zugehörige Zusammenhänge des Besorgens. Mit diesen Bewandniszusammenhängen ist man vertraut, in ihnen haben Vorgänge und

Erscheinungen, Aufgaben und Tätigkeiten ihre typische Vertrautheit für jeden. Wir treffen beim Besorgen auf geregelte Verweisungszusammenhänge, welche Spielräume der Tätigkeit, des Untersuchens, Fragens, Erkennens und weitere Erfahrung uns vorzeichnen. Es sind individuelle Spielräume: ich finde die Möglichkeiten des Betätigens vor und ich verfüge darüber. Der Spielraum der Betätigung heißt auch Horizont. Er ist offensichtlich durch den skizzierten Verweisungszusammenhang von der Dingauffassung her konstituiert. Der umgreifende Horizont des täglichen Besorgens ist die Lebenswelt. Das Wort Lebenswelt ist in der Phänomenologie kein Synonym für Alltagswelt. In der ersteren weiß ich, womit ich typischerweise umgehe, was ich zu tun habe und tun kann; ich weiß, worin ich bewandert bin und sein muß sowie, welches Bewenden es mit Ereignissen auf sich hat. Kurz gefat: was ich weiß und wonach ich urteile, hat seine Gründe im Bewandtnisganzen lebensweltlicher Betätigung.

Wie werden Wahrnehmungsstrukturen zum Ausdruck gebracht? Wir suchen eine Antwort in einer kurzen Beschäftigung mit der Bedeutung von Aussagen. Der Wahrnehmungssinn des Ausdrucks "Das Auto dort" ist das Einheit stiftende Moment aller Einzelwahrnehmungen, z. B. der Reihe der verschiedenen Perspektiven, die im Herumgehen um das Auto gesehen werden. Über das Gesehene verständigen wir uns unter anderem mit Aussagen der Form "Das Auto dort ist schwarz". Aussagen sind daher offensichtlich kein Ausdruck der Wahrnehmungen, sondern das Herausheben eines Sachverhaltes an dem wahrgenommenen Gegenstand. Der Blick geht dabei auf den Gegenstand der Wahrnehmung und nicht auf das Auffassen und die Umstände der Wahrnehmung; es fehlt darin auch jeder Hinweis auf Erfahrungen, die über die Bedeutung des Sachverhaltes hinausgehen, und es zeigt sich ein Erfahrungshorizont nur unbestimmt an. Aber gerade die Erfahrungshorizonte und die sie konstituierenden Auffassungen sind es, die die Auseinandersetzung der Schüler mit den Gegenständen des Sachunterrichts bestimmen. Das heißt, diese Auseinandersetzung im Sachunterricht belehrt uns über das Verständnis der Schüler, gewonnen aus einer Interpretation ihrer Äußerungen. Weil sich in Äußerungen, in Verweisungen, nicht nur das unterrichtlich zum Thema gehörige ausdrückt, sind Interpretationen von Videoaufzeichnungen mühsam durchzuführen.

4 Erkennen und Wahrnehmen

In der Phänomenologie gibt die Untersuchung der Wahrnehmung das Beispiel für die Beschreibung der Grundstruktur der erkennenden und handelnden Bewußtseinstätigkeit. Entsprechend ist sie, wie an der Wahrnehmung dargelegt, durch Intentionalität (Sich-richten-auf-etwas) zu charakterisieren. Das Wahrgenommene (oben: das Auto, nicht die Ansicht von einer Position aus) der jeweiligen Wahrnehmungsreihen ist beim ersten Wahrnehmen als eben dieses Ding erfaßt, mag diese Auffassung im Fortgang des Wahrnehmens und Erkennens auch enttäuscht werden. In der Enttäuschung verlieren die Wahrnehmung bzw. das Erkennen nicht jeden Sinn, sondern es unterliegt einer Modifikation, indem Verweisungsbezüge einen neuen gegenständlichen Sinn bewußt werden lassen: Wenn im dunklen Wald eine Gestalt als Mensch aufgefaßt wird ("Da kommt jemand, man muß vorsichtig sein", gemäß einem fungierenden Vorverständnis von der Gefährlichkeit einer Begegnung in manchen Situationen), kann sich dies als Trug herausstellen, indem die Gestalt als Busch erkannt wird. Das Fungieren eines Vorverständnisses, die Antizipation gegenständlicher Auffassungen prägt das Erkennen. Wenn ich in mein Zimmer eintrete, weiß ich auf den ersten Blick, ohne das Zimmer genau zu untersuchen und mit Erinnerungen zu vergleichen, daß ich in meinem Zimmer bin. Wegen der Intentionalität liegt im Erkennen selbst die Ausrichtung auf Gegenstände als zu erkennende. Haben sie (als intentionale Gegenstände) eine Vorbestimmtheit, werden sie unter antizipierten Bestimmungen und Erwartungen je nach dem Ding- oder Bewandtniszusammenhang aufgefaßt, in dem sie erscheinen und ins Blickfeld gerückt werden. Entsprechend schreitet der Erkenntnisprozeß gemäß der Auffassung vom Gegenstand (allgemeiner: der Hinsicht auf ihn), dem Bereich der hierher gehörigen Gegenständlichkeit und den Beschäftigungsweisen, insbesondere den einschlägigen Methoden, fort.

Bisher haben wir am Beispiel der Wahrnehmung den Gang des Erkennens seiner typischen Struktur nach beschrieben. Jetzt klären wir am Wortfeld einige Zusammenhänge zwischen beiden. Im Mittelhochdeutschen (nach GRIMM'S DEUTSCHES WÖRTERBUCH) erscheint für unser kennen noch eine Vorform von erkennen; die Vorform ist das Kausativum zu können (wissen, vermögen). Da 'ich kann' ursprünglich 'ich weiß, ich vermag' bedeutet, zielt das Kausativum 'kennen/erkennen' auf ein 'wissen machen'. Im heutigen Sprachgebrauch bezeichnet 'erkennen' einen Prozeß, der Kenntnis, Erkenntnis

oder auch ein Können zum Ziel hat. Kennen steht sinngemäß (vgl. WAHRIG 1989¹⁰) für erfahren, verstehen, wissen, selbst sehen und erblicken; für unterscheiden (bezogen auf die Ergebnisse des Erkennens; was wir kennen-gelernt haben, kennen wir) aufgrund eigenen Zusehens und eigener Erfahrung bei sinnlichen und unsinnlichen Dingen. Die sinnliche Bedeutung von erkennen, von der sich die übertragenen dann herleiten, sind sehen, hören, überhaupt sinnlich wahrnehmen, unterscheiden und herausfinden. Das Unterscheiden umschließt passiv das Feststellen und aktiv das Herstellen eines Unterschiedes, das Herausfinden, sowohl geistiges als tätiges Suchen nach Resultaten. Was das Wort 'erkennen' in allgemeiner Hinsicht bedeutet, nämlich das Aneignen oder Annehmen von Einsicht und Kenntnis, wird mit Wörtern des Wortfeldes in jeweils charakteristischer Weise ausgesagt; Erkennen als Unterscheiden oder als Herausfinden. Erst der Anwendungsfall bestimmt die Bedeutung genauer. Zum Beispiel erkenne ich die Struktur einer Turmuhr oder eines Autos, indem ich in das betreffende Gerät hineinsehe. Diese Beispiele bringen in Erinnerung, daß ich die Funktion der Einzelteile schon kennen oder aus der Kenntnis der Funktion des Gerätes konstruieren können muß, um - angeleitet durch dieses fungierende Vorverständnis - ihren Zusammenhang in der Gerätestruktur durchschauen zu können.

Damit ist festzuhalten, daß die spezifische Ausformung des Erkennens als Prozeß im Verlauf des Unterrichts erfolgt. Die Analyse von Videoaufzeichnungen aus dem Sachunterricht hat seine Darstellung zu leisten. Der Sachunterricht strebt daraufhin, die Schüler in die Bewandniszusammenhänge ihres Lebensbereiches einzuführen. Die Art des Erkennens richtet sich daher nach dem Gegenstandsfeld des Unterrichtens und dem angestrebten Können sowie den nötigen Methoden unter lebensweltlichen Gesichtspunkten. Hierunter fallen auch wissenschaftsbestimmte Gegenstände, soweit sie Gebrauchsgegenstände sind. Zum Beispiel eignen sich Schüler ohne Mühe die Regeln zum Gebrauch eines Thermometers in lebensweltlichen Bewandnissen an, und ihre Auffassung von der Temperatur folgt lebensweltlichen Erfahrungen (LÖFFLER 1989). Auch leiten Verweisungen auf lebensweltlich-alltägliche Vorgänge den Umgang mit Geräten an. Ein Thermometermodell wird nicht als Gerät zur Beobachtung eines Naturvorganges angesehen, sondern Schüler vergleichen das Ansteigen der Wassersäule mit dem Anfahren eines Autos (LÖFFLER 1990). Im lebensweltlichen Verständnishorizont über die Korrelation von Gegenstand und Gegebenheitsweise (HELD 1985)

verfügen die Schüler unter ihrem Gesichtspunkt über Verfahren der Auseinandersetzung mit gestellten Aufgaben. Die Struktur des Besorgens, etwas zu tun, um damit etwas anderes, zweckmäßiges zu erreichen, ist auch die Grundstruktur technischen Handelns. Was Schüler in dieser Hinsicht leisten, zeigen Protokolle des Lösungsweges an Technik orientierter Aufgaben im Sachunterricht.⁴

Meine These ist als Zusammenfassung der vorangehenden Überlegungen aufzufassen, da eine Analyse von Videoaufzeichnungen immer auf Verweisungen und Zusammenhänge lebensweltlichen Besorgens führt. Dagegen ist nicht zu erwarten, daß ein allmählicher und kontinuierlicher Übergang zu neuzeitlichem naturwissenschaftlichem Denken aufgefunden wird. So ist der Zustand von etwas im Alltag ein Kennzeichen dessen Gebrauchsfähigkeit, aber der physikalische Zustand wird durch Meßwerte von Systemvariablen beschrieben. Dies ist ein Gesichtspunkt, der von Schülern zur Kennzeichnung eines Wärmezustandes nur wenig aufgegriffen wird (TIBERGHIE 1985). Überhaupt ist der Schritt aus dem Bereich alltäglicher Gebräuche und Erfahrungen, Absichten und Wünsche hinaus zu naturwissenschaftlichen Systemuntersuchungen nicht nur begrifflich, sondern auch nach aller Erfahrung nicht leicht zu tun (ebda.). Die Bemühungen, die sogenannten 'alternative frameworks' in wissenschaftlich akzeptierte Begriffe zu überführen, haben bisher ausnahmslos deren Resistenz gegen Belehrung erwiesen (DUIT 1990). Nach diesen Erfahrungen ist die physikalische oder chemische Hinsicht anscheinend doch nicht durch allmähliches Umformen alltäglicher Begriffe zu erreichen. Das Ziel naturwissenschaftlicher Erkenntnis gründet in einer neuen Auffassung der zu untersuchenden Gegenständlichkeit. Dagegen kann eingewendet werden, daß die Schüler lernen können, mit Geräten umzugehen, zu messen, Variablen zu identifizieren, und andere Verfahrensweisen ausüben, wie u. a. im wissenschaftsorientierten Unterricht der 70er Jahre. Liegt in solchem Unterricht nicht die Tendenz zu wissenschaftlicher Arbeit? Fragen wir anders herum: Gibt es im Alltag überhaupt Variable, Abhängigkeiten, Funktionen, Maße und Messungen? Es gibt sie in der Architektur, im Städtebau, im Handel, im Verkehr, aber immer dem Verwendungszweck unterstellt und damit im Zusammenhang des täglichen

⁴ Instruktive Beispiele hierzu geben die Beiträge von W. BIESTER sowie von K. MÖLLER und G. WIESENFAHRT in diesem Band.

Lebens verwendet oder - terminologisch genauer - im Bewandtniszusammenhang des Besorgens. Ein besonderes Themenfeld gibt alles Technische. Es ist Beispiel für die Verschränkung der Fragestellungen nach alltäglichen und wissenschaftlichen Gesichtspunkten. In der Darstellung und Realisierung von Handlungsabläufen in technischer Gestalt und damit sowohl der Erweiterung des Einflusses menschlicher Tätigkeit auf die Lebensgestaltung sowie der Umgestaltung der Welt als auch in der Entpersönlichung und abstrakten, aber oft noch überschaubaren Form in Mechanik und Elektrizität sind technische Themen für Grundschüler von ihrer Erfahrung her verständlicher als geographische Themen, welche bei Fragen des Klimas und der Landschaftsformen zum Verständnis ein Überschreiten des eigenen Erfahrungsbereichs verlangen. Aber auf der anderen Seite bleibt die Begründung technischer Sachverhalte aus den Naturwissenschaften im Sachunterricht außerhalb der Betrachtung. Das Problem des Lernens kann nicht im Verfolgen des Erkennens umgangen werden. Die Interpretation von Videoaufzeichnungen wird diese Problematik deutlicher vor Augen stellen.

Literatur

- AISSEN-CREWETT, M.: Alltagserfahrung und experimentell-empirische Erfahrung. In: WIEBEL, K. H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Alsbach/Bergstraße, 1990.
- AUFDERHEIDE, H.M./RÖSENER, CH./TIPPE, D.: Analyse von Schülermeinungen anhand einer Unterrichtsreihe zur Einführung in die Mechanik. Examensarbeiten. Bielefeld o.J.
- BUCK, G.: Lernen und Erfahrung. Stuttgart/Berlin/Köln/Mainz, 1969².
- COPEL, F.: Der fruchtbare Moment im Bildungsprozeß. Heidelberg, 1962.
- DUIT, R.: Trends der Forschung zum naturwissenschaftlichen Denken. In: WIEBEL K. H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Alsbach/Bergstraße, 1990.
- GALILEI, G.: Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. Darmstadt, 1973.
- GRIMM's Deutsches Wörterbuch
- HELD, K.: Einleitung. In: HUSSERL, E.: Die phänomenologische Methode. Ausgewählte Texte I. Stuttgart, 1985.

HEIDEGGER, M.: Prolegomena zur Geschichte des Zeitbegriffs. Frankfurt a. M., 1979.

HUSSERL, E.: Die phänomenologische Methode. Ausgewählte Texte I. In: K. HELD (Hrsg.). Stuttgart, 1985.

HUSSERL, E.: Phänomenologie der Lebenswelt. Ausgewählte Texte II. In: K. HELD (Hrsg.). Stuttgart, 1986.

HUSSERL, E.: Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie. In: STRÖKER, E. (Hrsg.). Hamburg, 1982.

LÖFFLER, G.: Über Themen des Sachunterrichts als Gegenstände der Anschauung und die Umdeutung solcher Themen. In: THIEL, S. (Hrsg.): Uminterpretation von Sachunterrichtsthemen. Freiburg, 1989.

LÖFFLER, G.: Die Sache, die Wärme genannt wird. In: WIEBEL, K. H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Alsbach/Bergstraße, 1990.

REDEKER, B.: Zur Sache des Lernens. Braunschweig, 1982.

SZILASI, W.: Einführung in die Phänomenologie. E. Husserl. Tübingen, 1959.

TIBERGHIEN, A.: The development of ideas with teaching. In: DRIVER, R. et al. (Eds.): Children's Ideas in Science. Milton Keynes, 1985.

WAHRIG, G.: dtv-Wörterbuch der deutschen Sprache. München 1989¹⁰.

TASTEN MIT AUGE - HAND - FUSS ALS "FÜHL"-ERKENNEN DOKUMENTE UND BILDUNGSTHEORETISCHE ANALYSE

***Maria-Anna BÄUML-ROßNAGL,
Ludwig-Maximilians-Universität München***

1 Eine neue Kultur der Sinnlichkeit - auch für die wissenschaftliche und didaktische Arbeit?

Seit mindestens einem Jahrzehnt gibt es in unserer westlichen Zivilisation ganz verstärkt den Ruf nach einer neuen "Kultur der Sinnlichkeit" - die öffentlichen Medien und Publikationsjournale verdeutlichen diesen Wunsch auf manchmal recht ansprechende, oft aber auch überraschend plumpe Weise. Nicht immer überzeugt diese Aufforderung zu einer neuen Sinnlichkeit, und gerade Pädagogen suchen mit Nachdruck, wo denn der "*Sinn*" der neuen *Sinnlichkeit* liege.

Andererseits fragen wir uns heute oft: Sind unsere Sinne nicht in unserer modernen Lebenswelt ohnehin erheblich überlastet? Unsere Ohren sind einer permanenten Berieselung und Geräuschkulisse ausgesetzt; unsere Augen können der Bilderflut der Fernseh-Video-Computer-Welt kaum noch standhalten; unsere Tast-, Geruchs- und Geschmackssinne sind durch eine Fülle an Umweltreizen ständig in Aktion und Abreaktion. Wozu also die Sinne noch mehr beanspruchen?

H. KÜKELHAUS hat lapidar-mahnend gesagt:

"Wir sind seit Jahrzehnten bemüht, Erfahrung durch Kenntnis zu ersetzen. Und leben in einer Ersatzwelt, in der nichts anderes ersetzt wird, als das Leben selbst."

Der Pädagoge aber hat dem Leben zu dienen (BÄUML-ROSSNAGL 1985, S. 145).

Was ist sinnvollerweise zu tun? Welche Aufgaben stellen sich uns? Ist eine neue Kultur der Sinnlichkeit auch für die wissenschaftliche und didaktische Arbeit in den Naturwissenschaften anzustreben? Dazu möchte ich Gedanken - Erfahrungen - Reflexionen vortragen.

2 "Fühl-Erkennen" als Tasten mit Auge - Hand - Fuß

2.1 Vom A-priori-Gesicht der Erkenntnis

Wenn man im 3. Schuljahr mit Kindern anhand von Sachbildfolien "durchnimmt", was das Auge "ist", und wenn die Kinder hernach die biologischen Fachbegriffe genau unterscheiden, Physiologisches am Auge genau zeigen können, dann darf sich ein Lehrer nicht einbilden, die Kinder wüßten erst aufgrund eines solchen Unterrichts, was ein Auge "ist" (*Farbtafeln Ia/b¹*).

Wie wir erfahren, was wichtig ist für uns Menschen auf der Welt, wie wir die Dinge, Begriffe, Erkenntnisse bilden, das haben wir in gewisser Weise schon angeboren. Das sind auch menschliche Vorgegebenheiten. Der Säugling, der in das Gesicht der Mutter hineinschaut und das Gesicht, auch wenn er es nur vage sieht, das zuwendende Gesicht als entgegenkommendes Gesicht erfährt, der hat vom Auge und von dem, was das Auge für den Menschen bedeutet, zumindest genausoviel Wichtiges schon in sich erfahren. Das, was ein Mensch "ist", hat er *schon in sich*, das, *was die Welt für den Menschen* bedeutet, ist ein *lebensweltliches "a priori"*, d. h. es ist von Anfang an als Konkretes gegeben (AUGIRRE 1982, S. 122ff.).

Voraussetzung für die Erfahrung dessen, was Dinge und Welt für den Menschen bedeuten, ist allerdings, daß der Mensch *konkret* erfährt, daß er *mit seinen Sinnen einzel-sinnlich* die unterschiedlichen Dimensionen von *Mensch und Welt "er-probt"*. So wie das "a-priori-Gesicht" dem Säugling keine Geborgenheit und Zuwendung vermitteln kann, wenn das konkrete Gesicht der Mutter nicht "ver-mittelt", ebenso kann der Mensch das Gesicht der ganzen Welt nicht erblicken, wenn er nur auf selbstgeschaffene "Produkte" schaut, wozu unsere technische Zivilisation verleitet (*Farbtafel II*).

¹ Die Abbildungen zu diesem Beitrag sind als *Farbtafeln I - IX* gesondert zusammengefaßt.

Die *einzel-sinnliche Erfahrung* jedes einzelnen Menschen kann den *Maßstab* bilden für den *Sinn aller Einzelerfahrungen*. Einzelsinnliche, gleichsam ausschnittshafte Erfahrung kann *exemplarisch* sein und den "Blick" schärfen für den ganzen Sinn des Sinnlichen und den Sinn der ganzen Welt. Das ist ja auch der Sinn aller meditativen Übungen, die in unserer Zeit wieder "hoch im Kurs" stehen. Dabei kann es aber *nicht* um eine *nur sinnesphysiologische Datenerfassung* gehen, um eine "nur empirische" Naturwissenschaft, denn diese würde dem Menschen nur vom Physiologischen, vom Materiellen, her gerecht, den Menschen als Ganzes erfasse sie nicht, auch nicht "real"-wissenschaftlich die Welt, so, wie sie für den Menschen bedeutsam ist. Der *Mensch als "Ganzer"* ist *Forscher* und nicht irgendein objektives Phantom "Mensch". Deshalb reicht es nicht, eine Sammlung von Daten anzulegen; das kann höchstens die erste Stufe wissenschaftlicher Arbeit sein, aber nicht die Endstufe.

Dieser Sachverhalt läßt sich gut verdeutlichen, wenn man zusieht, *wie Kinder* (zumindest solange sie nicht durch einen verkürzten biologistischen Unterricht verbildet sind!) *Augen zeichnen*: Kinder zeichnen die Augen immer *eingebunden in den Kopf als "Ganzen"*. Die Art, wie der Kopf gezeichnet wird, und die Art, wie die Augen selbst gestaltet sind, in Farbe und Form, drückt nicht nur sinnesphysiologisches Wissen, sondern immer auch die *Bedeutung des Sinnesphysiologischen für die sinn-liche Tätigkeit des ganzen Menschen* aus. Das zeigen auch die "Tast-Augen" auf Hand und Fuß, welche Kinder einer 3. Klasse gemalt haben (vgl. *Farbtafeln III a/b/c*).

Forschung, die dem ganzen Menschen gerecht werden will, muß den nur "materialen" Weg überschreiten und auch *Fragen nach dem Sinn des "Materialen"* ernstnehmen. So hat die "phänomenologische Methode" (nach HUSSERL u. a.) betont (auf obiges Beispiel bezogen formuliert): Wenn wir das Phänomen Gesicht oder das Phänomen Auge erforschen wollen, dann steht schon fest, daß wir alle, ob nun Forscher oder Kinder, einen bestimmten Vorbegriff von Auge oder Gesicht haben. Dieser "Vorbegriff" oder "Sinn" ist allem Unterricht und aller Forschung "a priori" ("vorweg").

2.2 Dem alltäglichen "Ins-Gesicht-sehen"-Lernen als Wahrnehmungsaufgabe (heute)

Um die Dinge möglichst genau zu "sehen", hat der neuzeitliche Mensch die scheinbar zu geringe Sehkraft des Menschen "über-stiegen" und versucht, mit der "Camera obscura" in der Dunkelkammer des wissenschaftlichen Untersuchungslabors detailreich die Dinge zu besichtigen (SCHIPPERGES 1979) - aber der "obscure" Blick wurde zum "abgesonderten" Blick und zum absondernden Blicken von den Dingen und vom Menschen selbst. Mit der Anstrengung, die Dinge in der Begrenztheit des menschlichen Blicks isoliert sehen zu wollen, hat der Mensch die so gesehenen Dinge auch in seine eigenen Grenzen eingebunden.² (*Farbtafel IV*)

"Haben wir nicht die tausendjährige Erfahrung, daß die Dinge um so stummer werden, je deutlicher wir ihnen den "optischen Spiegel ihrer Erscheinung" vorhalten?" (MARC 1979, S. 24).

Der *Ausgang der "Moderne"* ist für den Menschen aber *kein "Ausgang" aus Sinnen und Sinn*, wenn er selbst ihn nicht dazu bestimmt. Doch die *Wahrnehmungskrise am "Ausgang der Moderne"* ist sicher eine *Bildungsaufgabe*, die das "Selbstverständlich-Menschliche" wieder mit allen Sinnen entdecken lehren muß.

Wir sind in unserer rationalisierten Zivilisation oft in der Gefahr, das "Selbstverständlich-Menschliche" nicht mehr zu erfahren. H. RUMPF meint, dieses Selbstverständlichste müsse gleichsam "mit fremdem Blick" neu gesehen werden. Die Wahrnehmung des Zerfalls von "Routine und Selbstverständlichkeit" kann dann zur Quelle neuer Lebenskunst werden.

"Die Routine des Bescheid-Wissenden bekommt einen Knacks. So unähnlich ist sie gar nicht dem leisen Entzücken des Sechsjährigen, dem es noch nicht das Selbstverständlichste von der Welt ist, daß über Nacht aus einer Wasserpfütze dieses krachig glatte und spiegelige Etwas geworden ist. Nein - er tut nicht, worauf wir Erwachsenen, Belehrungsfreudigen gerne warten: er stellt sich keine Schülerfrage. Er fragt nicht 'wieso'? Er gerät in eine Aufmerksamkeit, die noch nicht auf Antworten aus ist. Er sagt: "Guck mal! Hier ist was anders in der Welt geworden, unvertraut, fremdartig, neu". (RUMPF 1986, S. 28).

² Vgl. dazu meine Ausführungen in: BÄUML-ROSSNAGL, M.-A.: Gott auf dem Weg zum Menschen im Licht der Dinge. In: Gottes Nähe. Religiöse Erfahrung in Mystik und Offenbarung. Würzburg 1990, S. 238-257.

Ergänzend zum Verstandesdenken, das der neuzeitliche Mensch ja perfekt eingeübt hat, muß wieder das *Fühl-Denken* treten. Im Bildungsgeschehen sind die *organologische* Verwirklichung des Menschen und die *organologische* Deutung von Mensch und Welt heute gefordert.

Sinnen-nahes Tun des Menschen hat auch eine Nähe zum Sinn, was J. RINGELNATZ im Gedicht vom "Kindersand" schlicht, aber eindrücklich aussagt:

Das Schönste für Kinder ist Sand.
Ihn gibt's immer reichlich.
Er rinnt unvergleichlich
zärtlich durch die Hand.

Weil man seine Nase behält
wenn man auf ihn fällt,
ist er so weich.
Kinderfinger fühlen,
wenn sie in ihm wühlen,
Nichts und das Himmelreich.

Denn kein Kind lacht
über gemahlene Macht.

2.3 Tastendes "Fühl-Erkennen" mit Auge - Hand - Fuß

"Nicht das Auge sieht, nicht das Ohr hört, nicht das Gehirn denkt, sondern der Mensch mit seinem ganzen Leib ist Sehender, Hörender, Denkender. Was uns erschöpft, ist die Nicht-Inanspruchnahme unserer Organe, ist ihre Ausschaltung, Unterdrückung, ist der 'negative Streß'." (KÜKELHAUS 1978, S. 30).

Dieses ganzheitliche "Fühl-Denken" fällt uns Heutigen oft schwer. Dazu bringt H. KÜKELHAUS ein einprägsames Beispiel.

Die Sprache sagt:

I c h bin das Ohr -

I c h bin das Auge

Aber gerade das ist oft eine große Schwierigkeit. Denn wir sehen die Welt oft nicht mehr mit Augen, sondern mit Begriffen. Ein Beispiel:

"Ein Holzhändler geht durch den Wald. Für ihn ist es ungeheuer schwer, einen Baum als Baum zu sehen. Er sieht Bretter, Balken, Transportwege, Konkurrenzen, Holzauktionen usw. Einen Baum in seiner ganzen Erscheinungsfülle zu sehen - wer kann das überhaupt noch? Die Kinder - und unter den Kindern besonders die Behinderten." ³

Auf der Suche nach wahrnehmungstheoretischen Theoriebeständen, die zum *tastenden "Fühl-Erkennen"* aufschlußreich sind, fiel mir eine Doktorarbeit in die Hand, die noch durch HUSSERL selbst in Göttingen betreut wurde, vorgelegt von Wilhelm SCHAPP (1910). Zur Erkenntnis, die aus tastender Wahrnehmung gewonnen wird, sagt er u. a. folgendes:

"Es ist jetzt die Frage, wie es mit der getasteten, gefühlten Welt steht. Im Gebiete des Tastsinns und der ihm verwandten Sinne, wie z. B. des Drucksinns, muß man zweierlei Einstellungen zu den Dingen wohl unterscheiden: die *Einstellung des werktätigen Menschen* und die *des theoretischen*, des Menschen, dem es um Erkenntnis zu tun ist. Es ist etwas anderes, ob ich taste oder ob ich die Hand auflege. Nur das Tasten verschafft mir in einem eigentlichen Sinne 'Wahrnehmung' vom Gegenstand, nicht das bloße Handauflegen oder mit der Hand darüber gleiten. Es ist etwas anderes, ob ich die Bürde eines Gewichts schleppe, oder ob ich das Gewicht wiege, prüfe. Es ist ein Unterschied, ob ich im Wasser schwimme, plätschere oder ob ich im Druck des Wassers, in seinem Verhalten unter meinem Körper, meinem Finger, seine Eigenart wahrnehmen will. Es ist ein Unterschied, ob ich ein Fahrzeug ziehe oder ob ich im Zug seine Beweglichkeit erprobe. Es ist ein Unterschied, ob ich ein Stück Brot schneide oder im Schneiden die Härte, Weichheit des Brotes erfahre, ob ich ein Stück Tuch zupfe oder ob ich im Zupfen seine Dehnbarkeit erfahre. Und so fort. Hier scheint von außen gesehen immer dasselbe vorzuliegen; aber man braucht sich nur auf die beiden Einstellungen zu besinnen, die Einstellung, die auf 'Wahrnehmung' ausgeht und die Einstellung, die eine Arbeit verrichten will, so findet man die Verschiedenheit beider". (SCHAPP 1910, S. 33f.).

Diese *fühlende Erkenntnis-Einstellung* wird an einem Vergleich weiter erläutert (vgl. *Farbtafel V*).

"Wir haben nun gesehen, wie man die Elastizität eines Lindenzweiges, eines Birkenzweiges, einer Stahlstange sieht. Dieselbe Elastizität können wir auch fühlen, tasten. Um uns besser zu konzentrieren, schließen wir die Augen, nehmen eine Stahlstange und danach einen nicht ganz gerade gewachsenen Lindenzweig und bringen ihn zwischen Daumen und Finger zum Schwingen. In diesem Schwingen haben wir Elastizität vor uns. Die Stahlstange scheint uns gleichmäßig elastisch zu sein; der Lindenzweig, der bald hierhin, bald dorthin kippt, ungleichmäßig elastisch. Wir haben also dieselben Unterschiede wie beim Sehen." (SCHAPP ebda.).

So kann man alle Druck-/Tastempfindungen untersuchen. Druck-, Zug- und Tastempfindungen stellen Eigenschaften der Gegenstände dar, aber sie geben auch Erfahrungsmerkmale tastender, fühlender, erkennender Menschen selbst wieder.

³ vgl. Text im Film über KÜKELHAUS. Das Leben ist Schwingung. Südwestfunk 1990.

Die Strömung der Neuorientierung am sogenannten "Kind" im vergangenen Jahrzehnt hat sich gegen eine vereinseitigende sogenannte "Verwissenschaftlichung" und falsche Akademisierung des Unterrichts gewandt, in denen bereits in den Grundschulen Theorien und Formeln, abstrakte Begrifflichkeit und abstrahierte Leitsätze höher geschätzt wurden als eine aus der konkreten Erfahrung gewonnene Erkenntnis. Besonders für die *naturwissenschaftlichen Fachinhalte ist die Art der Erkenntnis- und Wissensaneignung* zu diskutieren, wenn nach dem Sinn der gewonnenen naturwissenschaftlichen Kenntnisse gefragt wird - und dazu liegen *in Schule und Alltagsleben oftmals Mißverständnisse* vor.

"So scheint es also schon ganz früh gegen die Physik den Vorwurf gegeben zu haben, sie habe es darauf angelegt, uns die Sinne zu verleiden. Es fällt auf, daß diese Meinung auch heute noch nicht selten ist. Wenn man irgendeinem Menschen eindringlich sagt, daß Musik, nicht wahr, ja doch nichts anderes als Lufterschütterung ist, Farbe nichts anderes als elektromagnetische Wellenlänge ist, ... so kommt es oft vor, daß der so Angesprochene nickt, wenn auch etwas trübsinnig ..."

Diese von M. WAGENSCHNIEDER formulierte Beobachtung kann nicht selten gemacht werden.

Und WAGENSCHNIEDER meint:

"Es gibt viele, die sagen, das sei das Ziel der Erkenntnis, Begriffe unserer Lebenserfahrung so zu definieren - Musik gleich Lufterschütterung oder Wellenlänge, Wärme gleich Molekularbewegung, Farbe als elektromagnetische Wellenlänge." (WAGENSCHNIEDER 1983, S. 135 ff.).

Solche Bestimmungen kennzeichnen die Phänomene der Alltagswelt nur unter einem kleinen Sektor, dem physikalischen, und nicht mit allen Merkmalen des gesamten alltagsweltlichen Phänomens. Was Musik und Farbe für den Menschen an vielfältiger *Sinneserfahrung und sinngebender Lebensqualität* bedeuten können, *überschreitet physikalische Erklärungsmodelle* vielfach - das zeigt nicht zuletzt wiederum die vielfältige meditative Kulturszene der Gegenwart in Bereichen wie "Wasser", "Luft" u. a.

Auch Kinder können noch unterscheiden, daß blau nicht gleich blau ist, rot nicht gleich rot, grün nicht gleich grün - daß eine blaue Kornblume anders "blau" ist als ihr blauer Pullover, daß andere Erfahrungs- und Empfindungsqualitäten "dabei" sind. An Kinderzeichnungen kann man das oft anschaulich ablesen, wenn Empfindungsqualitäten für das Kind die Wahl dieses

oder jenes Farbstiftes bestimmen und nicht die pauschale Farbgebung blau, rot, grün.

Die *kindliche Sacherfahrung* wird *begleitet von Emotionen und Denkprozessen*. Die kindliche Sacherkundung ist nicht zu trennen von dem, was Kinder fühlen, von dem, was Kinder denken. Eine analytische Scheidung in das, was Kinder fühlen, spüren, mit ihren 5 Sinnen wahrnehmen *oder* was sie denken, das können wir als Erwachsene tun. Kinder selbst empfinden, erleben diese Situationen komplex, denn:

"Wahrnehmung ist leibgebunden, und das heißt, sie wird über alle Sinne ganzheitlich erfahren und gewinnt dadurch eben ihre Intensität. Kinder behalten ein ursprünglich vitales Verhältnis zu ihrer Umgebung und zu den Menschen. Ihre Wahrnehmung ist sinnlich bestimmt und diese Sinnlichkeit führt zu Sinnerfahrung hin." (BAACHE 1986, S. 133).

Der *ganze Leib*, mit allen Sinnen, ist dabei der *"Organismus des Denkens"*. Erst auf dem "Boden" der *phänomenal-ganzheitlichen Erfahrungen der Kinder* kann die Schule erklärende Modellvorstellungen und *Fachbegriffe* vermitteln - diese aber *zum Zwecke des besseren "Verstehens" der lebensweltlichen Phänomene*. "Verstehen als Stehen auf den Phänomenen" nannte das M. WAGENSCHEN. *Das Erkenntnisniveau der Schule liegt zwischen den alltäglichen Phänomenen und der wissenschaftlichen Fachwelt*.

Ein kleines Erlebnisbeispiel mag das ganzheitliche Erfahren verdeutlichen. Das dreijährige Mädchen Katharina ging mit mir durch das "Erfahrungsfeld zur Entfaltung der Sinne" (v. H. KÜKELHAUS). Bei den Klangstäben auf dem Rasen lagen zwei Klang-Klopf-Hammer. Die meisten Erwachsenen und Kinder haben mit den Gummihämmern Töne erzeugt. Katharina schaute zu und versuchte zuerst auch, Töne zu erzeugen - was ja die erste "normale" sinnliche Tätigkeit für dieses Arrangement ist. Es gelang ihr auch. Aber auf einmal legte sie den Hammer zur Seite, kletterte auf den 1. Stab hinauf, stand mit den Füßen genußvoll droben, sprang dann voll Freude über die Stäbe und sagte zu mir: "Komm mit, das ist viel schöner!" Die 2. *sinnliche Tätigkeit* - eine andere *Sinnggebung*: *"mit dem ganzen Leibe - mit Auge, Hand und Fuß"*.

2.4 Von der Teil(e)-Erkenntnis zur ganzheitlichen Begriffsbildung

Mit dem Stolz des "Großseins" und "Wie-die-Großen-Seins" versuchen Kinder, die Dinge ihrer Lebenswelt zu ergreifen, um sie zu "haben" oder sich ihrer zu "vergewissern", und wir Erwachsenen bestätigen lobend dieses Greifen, Ergreifen und Ausgreifen des Kindes nach der sogenannten "Welt". Es scheint eine Ursehnsucht des Menschen zu sein, andere und anderes ergreifen und besitzen zu wollen und zu können. So hat vor allem der Mensch der Neuzeit dort, wo er mit seinen "nur menschlich"-leib-sinnlichen Möglichkeiten nicht genug ergreifen und erreichen konnte, versucht, seinen Zugriff zu präzisieren: er entwickelte den *technologisch vermittelten Zugriff auf die Welt*, ja sogar auf die Menschen, so lange und so vielfältig, so *technisch "glatt"*, bis dem Menschen *heute die Dinge, die Menschen und die Welt "aus den Händen" zu gleiten drohen.* (Farbtafel VI)

In unserer Schul-"Bildung" geschieht Ähnliches - das kann man an vielen sachunterrichtlichen Unterrichtseinheiten in Schulbüchern, Lehrerhandbüchern und in der Schulpraxis sehen, z. B. wenn das Thema "Kirschblütenzweig" sachunterrichtlich erarbeitet wird. Die *Perspektive wird eng*, die Sachperspektive und auch der Blick der Dinge, die Gestik, alles bekommt eine Eingrenzung, eine begriffliche Präzisierung auf das "Ding Kirschblütenzweig" hin. Das wird an der Handgestik deutlich, wie die Kinder die Blüte erkunden (z. B. mit der Lupe). Aber auch der Kirschblütenzweig selbst wird nicht mehr in seiner Ganzheitlichkeit, wie er am Baum ist, erfahren. Kirschbaum und Insekten, wie sie in der Natur draußen sind, werden zu didaktischen Zwecken eliminiert. Das "Ding" bekommt einen begrenzten Ausschnitt, in dem es genau "untersucht" wird. Das ist das *Typische des naturwissenschaftlichen Erkundens*, das wir in unseren Schulen eben auch versuchen. Wir wollen die Kinder hinführen zu "genauem Erkennen". Aber wir wissen - und manchmal bringen uns gerade heute die Kinder wieder dazu - daß es auch *noch einen anderen Weg des "Be-greifens" der Dinge der Welt* geben muß. Ein solch "anderes" Greifen und Be-greifen zeigt die *Farbtafel VII*.

Das Kind erkundet auch "messend" das "Ding" - und doch spürt man auch noch auf dem Bild, wie *das "ganze" Kind* dabei ist - obwohl (ja vielleicht auch

gerade, weil) es "physikalisch" genau hinsieht, bio-logisch begreift und "ganz" genau erkundet.

R. zur LIPPE (1987) führt für diese Art naturwissenschaftlichen Erkundens den Begriff der (goetheanischen) *Begegnung* an:

"Begegnung ist keine Sache des Augenblicks. Natur erforschen sollte man nicht im Labor, mit einem Experiment machen wollen. Sonst bleiben wir in dem Erlebnis stecken oder wir erfassen nur Daten der Naturdinge, aber nicht das ganze Wesen."

Begegnung führt auch zum "Begriff", aber nicht durch den einseitigen "Zugriff". Das, was deutlich wird, wenn das Kind sich freut: "Soviel ist die Pflanze gewachsen", - das ist nicht nur ein "objektives" Erkunden, wo das Subjekt "draußen" ist, was die sogenannte "reine" Naturwissenschaft verlangt.

Humane "Begriffs"-Bildung in unserem Unterricht heißt auch, den *voreiligen "Be-griff"* zu vermeiden. Wenn wir in die Schulen hineinschauen, können wir oft schnell die guten, pädagogisch arbeitenden Lehrer von den anderen unterscheiden: die einen lassen alles gleichsam nur mit dem Maßband allein tun - die anderen lassen Gefühl, Sprache und Äußerungen der Kinder zu, und die Schüler dieser Lehrer "wissen" dann auch, wovon sie reden.

Eine *Fehlform* unseres abendländischen Denkens und Lebens ist der *bloß "registrierende Blick"*.

C. Fr. von WEIZSÄCKER (1947) sagt:

"Der bloß registrierende Blick zerstört die Natur. Wenn der Wissenschaftler ein 'Stückchen Natur' seinem Experiment unterzieht, zerstört er es; wir müssen hinzufügen, daß er auch sich selbst dabei zerstört. In dem er das Begegnende zum Gegenstand macht, als Objekt seinem Urteil unterwirft, löscht er in sich selbst das eigentlich Subjekthafte aus. Er erhebt sich zwar zum Herrn der Versuchsanordnung, doch das Subjekt ist genauso still gestellt wie der Gegenstand".

Das kann man auch an schulischen Beispielen verständlich machen: so wird etwa die Blüte im Blütenstand zerstört, wenn Schüler nur registrierend sogenannte "biologische" Daten erfassen sollen, wenn sie mit naturwissenschaftlichen Methoden, wie messende Untersuchung und datenerfassendem Experiment einseitig die biologischen Merkmale der Wirklichkeit "Blüte" erforschen sollen. Oft wird so an "*Erkenntnis*" von den wirklichen Dingen gewonnen, was *nur eine Teil(e)-Erkenntnis* ist, so: wie Blüten, Blumen oder

Tiere reagieren, wenn sie schon (fast) tot sind. Das Lebendige selbst aber bleibt oft außerhalb dieser Erkenntnis.

Konrad LORENZ hat seine Gänse nicht ins Labor geholt, sondern ist zu ihnen an den Weiher hinausgegangen und hat ihr Verhalten im Blick auf ihre natürliche Lebensweise erforscht - zumindest genausoviel *"Lebensnähe"* müßten der *naturwissenschaftliche Unterricht und die pädagogische Forschung* aufbringen, wenn sie die Kinder die "Natur" lehren wollen.
(Farbtafel VIII)

2.5 Sinn-lichkeit als "gefühlter Mangel" heute

Menschen und vor allem Kinder, die noch mit all ihren Sinnen leben möchten, sind in unserer Zivilisation oft alleine gelassen mit ihrer Sinnlichkeit. Eine menschengerechte Lebensführung wird schon in der Kindheit geschmälert, verbaut oder sogar zerstört. Unser Sinnesgebrauch ist weithin degeneriert zu einem flachen Vorgang. Hören und Sehen z. B. nützen wir zum Registrieren oder Rezipieren von Informationen: das Tasten dient kaum zum Erkennen. Viele Menschen haben durch Beruf und Alltagswelt die Beziehung zu ihrem Leib und ihren Organen verloren. *Beruf und Alltagswelt* - dazu gehört auch die *Schule* - verbauen in unserer technischen Zivilisation die *Beziehungen zu unseren Organen und zum Körperlich-Leiblichen* überhaupt. Deshalb erfahren wir heute oft folgenschwere humanökologische Fehlsteuerungen, kämpfen weithin vergeblich mit lebensbedrohenden Zivilisationskrankheiten und tun uns schwer mit der auch öffentlich geforderten "Wiederbegegnung der Industriegesellschaft mit dem Körper" (R. zur LIPPE 1987).

Verlorene Lebensqualitäten werden auch heute nicht nur kognitiv, sondern als "gefühlter Mangel" festgestellt: ein Mangel, ein Verlust, den man fühlt - mit seinem "ganzen" Leib:

"Die Kinder unserer Tage, die in eine technisch-industrielle Welt hineingeboren werden, sind von dieser durch und durch alleine gelassen. Der Grund, diese Art von Technik ist ihrem eigenen Anspruch gemäß darauf angelegt, den Menschen aus dem Bereich der Produktion und der Verteilung des Produzierten abzudrängen bis zu seiner völligen Verdrängung und Ersetzung seiner Person als Organismus."
(KÜKELHAUS 1979, S. 61)

Vielfach hört man, unsere Zeit sei eine "Zeit verlorener Sinnlichkeit" (vgl. BÄUML-ROßNAGL 1985) und unsere Schule eine Schule "übergangener Sinnlichkeit" (vgl. H. RUMPF 1981). Der *Verlust leiblich-sinnlicher Lebensvollzüge* sei auch eine Hauptursache für den *Sinnverlust in unserer Selbst- und Welterfahrung*. Unsere rationelle, ent-sinnlichte Alltagswelt erfordert eine Lebensführung, in der Sinnestätigkeiten "mit Haut und Haar", mit "Kopf, Herz und Hand" oft nicht mehr möglich sind und nicht mehr nötig zu sein scheinen. Damit ist viel an spürbarer, fühlbarer, greifbarer Lebensqualität (im wahrsten Sinne des Wortes) *ab-"handen"* gekommen.

Den "*Weg*" von den *Sinnen* zum "*Sinn*" gehen wir Erwachsene nur noch selten - anders tun und wollen da immer noch die Kinder, aber nur, wenn wir Erwachsene ihnen diesen sinn-lichen Weg nicht verbauen (vgl. *Farbtafel IX*).

Das mahnt auch Erich KÄSTNER in seiner "Ansprache zum Schulbeginn" (1972, S. 234) an, wenn er den Kindern und ihren Lehrern folgenden Rat gibt:

"Laßt euch die Kindheit nicht austreiben! ... Man nötigt euch in der Schule eifrig von der Unter- über die Mittel- zur Oberstufe. Wenn ihr schließlich drobensteht und balanciert, sagt man die 'überflüssig' gewordenen Stufen hinter euch ab, und nun könnt ihr nicht mehr zurück. Aber müßte man nicht in seinem Leben wie in einem Hause treppauf und treppab gehen können? Was soll die schönste 1. Etage ohne den Keller mit den duftenden Obstborden und ohne das Erdgeschoß mit der knarrenden Haustür und der scheppernden Klingel? Nun - die meisten leben so! Sie stehen auf der obersten Stufe, ohne Treppe und ohne Haus und machen sich wichtig. Früher waren sie Kinder, nun sind sie Erwachsene, aber was sind sie nun? Nur wer erwachsen wird und Kind bleibt, ist ein Mensch."

Die Kulturszene der Gegenwart bringt auf vielen Ebenen immer wieder das Phänomen der sogenannten "*Wahrnehmungskrise*" ins Gespräch. So stellen KAMPER/WULF in ihrem bekannten Buch "Das Schwinden der Sinne" (1984, S. 9-10) die Frage,

"ob die traditionelle Sicht, daß die menschlichen Sinne des Sehens, Hörens, Riechens, Schmeckens, Tastens immer zugleich auch soziale und historische Sinnstiftungen abgegeben haben",

noch aufrechterhalten werden kann. Und sie fragen weiter, ob

"die Verabschiedung des traditionellen Sinns von Sinnlichkeit den Durchgang zu anderen Wahrnehmungsstrukturen unter Suspendierung gängiger Sinnstrukturen"

anzeigt.

Die abendländische Metaphorik-Tradition hat in der Metaphorik des menschlichen Körpers ein Bedeutungssystem "sui generis" verstanden:

"In die zusammenhängenden Sinne des Körpers spielte immer auch der jeweilige Sinn der Sinne hinein. Solche Sinndeutungen des Zusammenhangs waren historisch geradezu zwingend, so daß die Frage zugespitzt werden muß: Ist das umschriebene anthropologische Modell für zeitdiagnostische Vorstellungen und Darstellungen am Ausgang der Moderne noch brauchbar? Die Vehemenz der gegenwärtigen Diskussion um Humanität und Transhumanität der Kunst deutet an, was auf dem Spiel steht. Bis in die Wahrnehmungsprozesse hinein bleibt umstritten, ob der Körper modellhaft Zeugnis für eine natürliche Sprache oder eine geschichtliche Schrift ablegt." (KAMPER/ WULF 1984, S. 9-10).

Sinnlichkeit als bildende Kraft, die mit der Existenz des Menschen unmittelbar verbunden ist, wird damit für unsere heute *deprivierte*, d. h. verarmte *Sinneserfahrung* in Frage gestellt. In der allseitig erfahrenen Wahrnehmungskrise der Gegenwart sind für den Menschen die Bedeutung und der Sinn der Dinge und des Lebens unklar geworden. Sinnlich erfahrene Wirklichkeit wird von vielen Menschen als "Kulissenwirklichkeit" (WIESE) oder "zerrissene Wirklichkeit" (HEGEL) erfahren.

Vielleicht täte es dem Gegenwartsmenschen gut, sein Selbstverständnis in aller Bescheidenheit wieder ganz nah aus der "organo-logischen" Lebensgestaltung heraus zu entwickeln. Auch im Zusammenhang mit den *neueren Überlegungen zu einer ökologischen Ethik* wird eine *sinnlicher reagierende Gesellschaft* angestrebt:

"Neben der kritischen Vernunft müssen unsere Sinne, unsere Sinnlichkeit wieder stärker ins Spiel gebracht werden." (BIERTER 1990).

Auch Albert EINSTEIN⁴ (1929) hat auf die "*über-sinnliche*" Bedeutung des *Sinnlichen für den Menschen* aufmerksam gemacht:

"Das Schönste und Tiefste, was ein Mensch erleben kann, ist das Gefühl des Geheimnisvollen. Es liegt der Religion sowie allem tieferen Streben in Kunst und Wissenschaft zugrunde. Wer dies nicht erlebt hat, erscheint mir - wenn nicht wie ein Toter so doch wie ein Blinder. Zu empfinden, daß hinter dem Erlebbaren ein für unseren Geist Unerreichbares verborgen, dessen Schönheit und Erhabenheit uns nur mittelbar und in schwachem Widerschein erreicht, das ist Religiosität. Es ist mir genug, dieses Geheimnis staunend zu erkennen und zu versuchen, von der erhabenen Struktur des Seienden in Demut ein mattes Abbild zu erfassen."

⁴ vgl. Schallplattenaufnahme 1929 von A. EINSTEIN: Mein Glaubensbekenntnis.

3 Das "Haus von morgen" bauen die Kinder mit ihren "eigenen Händen", Erwachsene können nur "Handlanger" sein

Das Bedürfnis nach einem Heim und Daheim hat der moderne Mensch, der sich als ein ins Dasein "Geworfener" empfindet, besonders stark. Doch die Seele der Kinder wohnt oft nicht im selben Haus wie die Seelen ihrer Betreuer. Das macht auch das folgende Erlebnis einer Mutter mit ihrem 5jährigen Sohn deutlich:

Beide sind im Supermarkt einkaufen.

Mutter: "Stefan, schau das schöne Osterhäschen, möchtest du es haben?"

Stefan: "Mama, kauf mir lieber einen Globus, damit ich schauen kann, wo ich auf der Welt bin."

Sich selbst "orten" können, einen Standpunkt finden und haben auf der Welt - das ist für Kinder heute oft ein recht eigener und eigenwilliger Prozeß und ein sehnuchsvoller Erkenntnisweg. Kinder bauen ihr Lebenshaus als ein "Haus von morgen, das du nicht besuchen kannst - nicht einmal in ihren "Träumen" sagt K. GIBRAHN - es sei denn, Erwachsene lassen sich von den Kindern selbst dieses "Haus von morgen" zeigen. Und ich meine, das gilt ganz besonders für viele Fragen und Wege zur Welterkundung heute. Auch für einen sinnvollen Naturschutz täten Erwachsene gut daran, von den Kindern zu lernen - Wünsche, Ideen und Modelle von ihnen abzuholen, um mit den Kindern zusammen das Haus der Zukunft zu bauen. (vgl. auch BÄUML-ROSSNAGL 1990).

Literatur

AUGIRRE, A. F.: Die Phänomenologie Husserls im Licht ihrer gegenwärtigen Interpretation und Kritik. Darmstadt 1982, S. 122 ff.

BAACKE, D.: Die 6-12jährigen. Weinheim 1986, S. 133.

BÄUML-ROßNAGL, M.-A. "Verlorene Sinn-lichkeit?" In: Pädagogische Welt 1985, S. 145.

- BÄUML-ROßNAGL, M.-A.: Gott auf dem Weg zum Menschen im Licht der Dinge. In: Gottes Nähe. Religiöse Erfahrung in Mystik und Offenbarung. Würzburg 1990, S. 238-257.
- BÄUML-ROßNAGL, M.-A.: Lebenssinn mit Kindern. Zur Erziehung von Grundschulkindern heute zwischen Sinnverlust und Sinnfindung. In: Grundschulpädagogik. Wissenschafts-integrierende Beiträge. Donauwörth 1990, S. 166-174.
- BIERTER, W.: Vom Umweltschutz zur Naturpolitik (Ökologische Ethik) in Universitas. Zeitschrift für interdisziplinäre Wissenschaft 1990. Nr. 2, S. 114-132.
- EINSTEIN, A.: Mein Glaubensbekenntnis. 1929 (Schallplattenaufnahme).
- GIBRAHN, K.: Der Prophet. Wegweiser zu einem sinnvollen Leben. Olten/Freiburg 1980 (Original: New York 1972), S. 16-17
- KÄSTNER, E.: Ansprache zum Schulbeginn. In: Unterbrochene Schulstunde, Schriftsteller und Schule. Eine Anthologie. Frankfurt 1972, S. 234.
- KAMPER, D./WULF, CHR.: Das Schwinden der Sinne. Frankfurt 1984, S. 9-10.
- KÜKELHAUS, H.: Sehen und Hören in Tätigkeit. Zug 1978, S. 30.
- KÜKELHAUS, H.: Organismus und Technik. Frankfurt 1979, S. 61.
- zur LIPPE, R.: Sinnenbewußtsein. Grundlegung einer anthropologischen Aesthetik. Reinbek 1987.
- MARC, F.: Die Dinge reden. Aphorismen und Grüße. Wien/München 1987, S. 24.
- RUMPF, H.: Übergangene Sinnlichkeit. München 1981.
- RUMPF, H.: Mit fremdem Blick. Stücke gegen die Verbiederung der Welt. Weinheim 1986, S.28.
- SCHIPPERGES, H.: Welt des Auges. Freiburg 1979.
- SCHAPP, W.: Beiträge zur Phänomenologie der Wahrnehmung. Diss. Göttingen 1910, S.33f.
- WAGENSCHHEIN, M.: Rettet die Phänomene! Der Vorgang des Unmittelbaren in ders. Erinnerung für morgen. Eine pädagogische Autobiographie. Weinheim/Basel 1983, S. 135 ff.
- v. WEIZSÄCKER, C. Fr.: Das Experiment. In: Studium generale I. Berlin 1947.

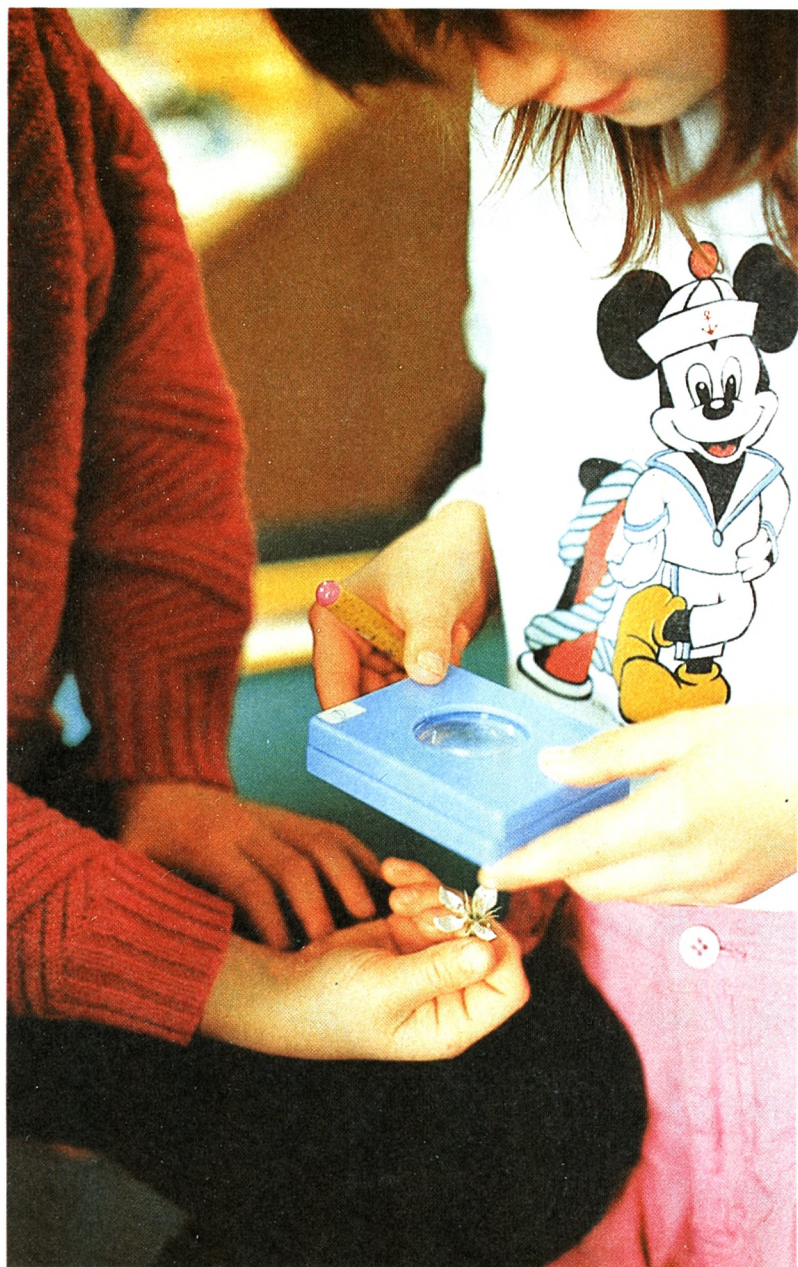
















WANN WEISS DAS KIND, WAS ES BEWIRKEN KANN?

***Roland LAUTERBACH,
Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)
an der Universität Kiel***

Natur ist kein Vorbei, sondern der noch gar nicht geräumte Bauplatz, das noch gar nicht adäquat vorhandene Bauzeug für das noch gar nicht adäquat vorhandene menschliche Haus.
(Ernst BLOCH)

Das Risiko des 'Zuviel' ist immer gegenwärtig in den Umstand, daß der angeborene Keim des 'Schlechten', d.h. Schädlichen, gerade durch das Vorantreiben des 'Guten', d.h. Nützlichen, mitgenährt und zur Reife gebracht wird.
(Hans JONAS)

1 Intention

Das Vertrauen in die Wissenschaften als "entwickeltste" menschliche Erkenntnistätigkeiten schwindet. "Intuitive Erkenntnis", "gesunder Menschenverstand", "common sense" gewinnen Anerkennung. Meine These ist, es handelt sich um unterschiedliche Erkenntnisleistungen für verschiedene Gegenstandsbereiche, auf verschiedenen Systemebenen, mit verschiedenen Reichweiten und von historischer Ungleichzeitigkeit. Um heute menschengerecht und naturverträglich handeln zu können, benötigen wir die Wertschätzung, Förderung und Entwicklung aller Erkenntnistätigkeiten. In diesem Beitrag befasste ich mich mit einigen Voraussetzungen dazu. Wie kann es gelingen, daß bereits Kinder Wirkungen ihres Tuns erkennen und reflektieren, um schließlich durch Erkenntnis geleitet menschengerecht und naturverträglich zu handeln?

Primarstufenkinder, die Einfluß auf ihre Umgebung und auf ihre Zukunft zu haben meinen, sind am aktivsten und überwiegend auch am leistungsfähigsten; sie stehen unter dem Eindruck, ihr Tun bewirke, was sie selbst

bewirken wollen. Mary Budd ROWE (1974) nennt diesen Aktivationsfaktor "Schicksalskontrolle" ("fate control") und vermutet, er bilde sich bereits im Grundschulalter zum Persönlichkeitsmerkmal aus.

"Probably the single greatest contribution which early education in science can make to a people is the development of a sense of fate control, that is, the development of a belief on evidence, that they can to some extent influence the direction and quality of their destiny. It is a question of fate control versus fatalism." (ROWE 1974, S. 299)

ROWEs Untersuchungsergebnisse kann man mit den Studien zur Leistungsmotivation in Beziehung setzen, die zeigen, daß diese mit dem Handlungserfolg steigt (z. B. schon HECKHAUSEN 1969). Beobachtungen bei älteren Schülern und übrigens auch bei Lehrern stützen ROWEs Ergebnisse. Bemerkenswert für die Wirkungsqualität ist, daß beispielsweise jene Lehrer am wirksamsten sind (festgestellt über den Leistungsvergleich bei Schülern), die überzeugt sind, das, was sie lehren, sei richtig, und wie sie lehren, sei wirksam (BROPHY/ EVERTSON 1976).

In den Untersuchungen zur Entwicklung und Bedeutung des Selbstvertrauens scheinen Inhalt und Qualität einer Handlung eine untergeordnete Rolle zu spielen. Auf sie kommt es aber an, wenn eine Handlung bewertet werden soll. Mit der Abhängigkeit eines bestimmten Verhaltens von Annahmen, Überzeugungen und Meinungen bezüglich des Verhaltensobjekts befaßt sich die Einstellungsforschung: "jedes Handeln erfolgt in Bezug auf etwas" (ROTH). In seinem aktuellen Forschungsüberblick zum Verhältnis von Einstellungen und Verhalten kommt SHRIGHLEY (1990) zu dem Schluß, die gängige Vorstellung, bestimmte Einstellungen bewirkten bzw. behinderten bestimmte Handlungen, müsse zwar nicht falsch sein, sie sei aber empirisch schlecht überprüfbar und zudem unpraktikabel. Zu viele vermittelnde Faktoren müßten eingeführt werden. Vielversprechender sei die Theorie begründeten Handelns von AJZEN/FISHBEIN (1980), weil theoretisch übersichtlich und jetzt gut belegt (KOBALLA 1986, 1988). Dieser Theorie zufolge hängt eine bestimmte Handlung hauptsächlich von der Handlungsabsicht ("intention to act") ab, also der Absicht, etwas bestimmtes unternehmen und erreichen zu wollen. AJZEN/MADDEN (1986) haben zudem festgestellt, daß eine bestimmte Handlung wahrscheinlicher wird, wenn die subjektive Einschätzung, die Handlung kontrollieren zu können, steigt. Die begriffliche Nähe zum Konzept "fate control" ist offenkundig.

Selbstvertrauen zu fördern und Handlungsabsichten bewußt zu machen, sind demnach Ziele, die in einem Unterricht, der menschengerechtes und naturverträgliches Handeln bewirken will, anzustreben sind. Die Kinder könnten dann, erzieherischen Vorbildern folgend und normative Forderungen, die als Verbots- bzw. Gebotslisten gefaßt sind, befolgend, das, was jeweils als menschengerecht und naturverträglich gilt, nach vorgegebenen Erfolgskriterien einüben. Sofern allerdings das Handeln auch für neue, noch nicht erkannte Probleme geeignet sein soll, bedarf es der erkenntnisanalytischen Erschließung. Welche Wirkungsmöglichkeiten haben bestimmte Handlungen? Welche Wirkungen sind erwünscht, welche sind unerwünscht? Welche Handlungsmöglichkeiten eröffnen sich, um erwünschte Wirkungen zu erreichen und unerwünschte Wirkungen zu vermeiden? Danach fallen die Handlungsentscheidungen: Was soll getan werden und wie soll es geschehen?

Diese Fragen erfordern antizipative Erkenntnisleistungen, die im Umgang mit der Sache, um die es geht, entwickelt werden. Deshalb steht die Entstehung des Antizipationsvermögens im Mittelpunkt meines Beitrags. Sie ist gewissermaßen das Vermittlungsglied zwischen normativ befolgender und erkenntnisgeleiteter Handlungspraxis. Die Förderung des Selbstvertrauens und die Bewußtmachung der Handlungsabsichten sind bereits auf Zukunft gerichtet, auch sie erfordern Antizipationsvermögen. Die Kinder müssen sich ja Ziele setzen, die prinzipiell für sie erreichbar sind, um an ihnen die Erfahrung zu machen, daß sie ihre Absichten auch verwirklichen können. Dadurch erst wächst das Vertrauen in das eigene Handeln. Diese Erfahrungen sind zu verstärken und weiterzuführen. An sie knüpft die Leitfrage dieses Beitrags unmittelbar an. Sie lautet: "Wann weiß das Kind, was es bewirken kann?" Sie könnte auch heißen: "Wann weiß das Kind, was es bewirken sollte?" oder verpflichtender: "Wann weiß das Kind, was es bewirken muß?"

In diesen Zusammenhang gehören dann noch die Fragen zur Entwicklung der erforderlichen Erkenntnisleistungen, zur Diskontinuitätsthese des Entwicklungsverlaufs, zur Feststellung des Entwicklungsstandes und zur Entwicklungsförderung. Diese Fragen sind, wie die Leitfrage selbst, thematisch konkret zu stellen. Insofern sind sie letztlich aus der jeweiligen didaktischen und pädagogischen Zielsetzung zu entwickeln.

2 Das didaktische Problem

Die übergreifende Zielsetzung, naturverträglich und menschengerecht handeln zu können, konzentriere ich auf mein bereits früher geäußertes Anliegen, schon Kinder zu befähigen, Schaden zu vermeiden und zu mindern (LAUTERBACH 1989). Sehr allgemein gefaßt geht es dabei um einsichtsvolles Handeln bezüglich Schaden und Nutzen, vereinfacht gesagt, um "schlechtes" und "gutes" Handeln. In der Konkretisierung beschränke ich mich auf den Umgang mit Natur und Technik.

Das Grundanliegen dieses Beitrags weist alle Merkmale komplexer Problemsituationen auf, die Dietrich DÖRNER (1989) untersucht hat und für die er feststellte, daß sie bei zunehmender Komplexität von immer weniger Personen bewältigt werden. Probleme dieser Art sind für Lebens- und Überlebensaufgaben charakteristisch. Sie sind

- komplex: mehrere (meist zu viele) Faktoren;
- intransparent: nicht alle Faktoren sind zugänglich;
- dynamisch: Systeme entwickeln sich weiter;
- unbestimmt: die Systementwicklung ist offen.

Die schlichte Erwartung ist, daß die früh begonnene, didaktisch angeleitete Bearbeitung von Problemen dieser Art dazu beitragen sollte, daß Kinder nach und nach mit immer komplexeren Problemsituationen immer wirksamer umgehen lernen.

Welche Probleme sind also die ersten, mit denen zu beginnen wäre und welche folgen nach? Selbst die alltäglichen Urteile darüber, was für uns gut oder schlecht sei, erscheinen uns meist nur als einfach. Sie betreffen durchaus komplexe Sachverhalte, für die beispielsweise die Voraussetzungen und auch die Bewertungsgesichtspunkte geprüft werden müßten. Grundsätzlicher gefragt: Lassen sich überhaupt die Problemsituationen didaktisch vorausbestimmen, die für alle Kinder geeignet sind? Und: Können für die prinzipiell unbestimmbar vielen und vielfältigen lebensbedeutsamen Problemsituationen wirksame Problemlösekompetenzen vermittelt werden? Gibt es wenigstens einen Katalog von unübergehbaren Problemsituationen zu deren Bewältigung Unterricht die jungen Menschen befähigen muß? Welches sind die unverzichtbaren Ziele und Inhalte, welches die Methoden und

Organisationsformen des Unterrichts, die den Bildungserfolg garantieren?

Bildungshistorisch knüpfen diese Fragen an die Bestimmung des Verhältnisses von formaler und materialer Bildung an, sie fragen nach dem normativen Anspruch, bestimmte (Überlebens-)Probleme bearbeiten zu sollen, und sie suchen nach der entwicklungsgerechten Förderung. Ich kann darauf hier nur in Kürze eingehen.

2.1 Der normative Anspruch

Wir wissen aus unserer Bildungstradition, daß Lehrpläne in der Regel einen ausgewählten Kanon von Inhalten benennen, die während der Schullaufbahn angeeignet und beherrscht werden sollen. Traditionell sind es Inhalte der Fachwissenschaften, seit einigen Jahren aber auch Themen wie Umwelt- und Gesundheitserziehung. In Materialien zur Unterrichtsvorbereitung, in Handreichungen und Lehrerbegleittexten zu Schulbüchern finden sich dann Anweisungen für Unterricht, die normative Verbindlichkeit signalisieren. Vom konkreten Erfahrungsfall losgelöst sind derartige Forderungen jedoch nach pädagogischer und didaktischer Erkenntnis unhaltbar, weil jede didaktische und pädagogische Handlung aus ihren spezifischen Voraussetzungen zu begründen ist. Ohne sie verlieren Vorschriften über Unterrichtsinhalte, Lernschritte und methodische Mittel ihre argumentative Verbindlichkeit. Diese Erkenntnis ist von praktischer Bedeutung, weil im didaktischen und pädagogischen Alltag die Auffassung einer normativen Didaktik durchaus verbreitet ist, "überholt, aber nicht verschwunden", wie Herwig BLANKERTZ (1969, S. 18) es formulierte. Sie ist von grundsätzlicher Bedeutung, weil dieser Praxis die Annahme zugrunde liegt, man könne aus obersten pädagogischen Sinn-Normen etwa über das menschliche Leben oder die Stellung der Menschen in der Welt stimmig Erziehungsziele, daraus Inhalte, womöglich ihre Anordnung für den Lernverlauf, schließlich Methoden und Unterrichtsereignisse ableiten. Hilbert MEYER (1972) hat eindrucksvoll nachgewiesen, daß die empirischen Mängel bisheriger Ableitungsketten keineswegs sozial-technisch zu beseitigen sind. Sie sind theoretisch begründet. Das Deduktionsproblem läßt sich daher nicht lösen, sondern lediglich in einem institutionellen Rahmen kommunikativer Rationalität dauerhaft bearbeiten und zwar auf allen Ebenen didaktischer Entscheidungen. Dabei gelten Aussagen der jeweils allgemeineren Entscheidungsebene als Orientierungen, während die der

jeweils konkreteren den sozialtechnisch ermittelten Reduktionsgehalt ausweisen können, für den empirisch entschieden werden muß, ob er die in Rede stehende Aussagen(Entscheidungs)ebene genügend repräsentiert.

Auf jeder Entscheidungsebene kommen freilich je besondere entscheidungsrelevante Faktoren hinzu. Beim Unterricht sind es etwa die konkreten Raum-Zeit-Bedingungen und die am Lehr-Lern-Prozeß beteiligten Personen. Deshalb besteht für jede Entscheidungsebene relative Autonomie bezüglich über- und untergeordneter Anforderungen. Wir haben es also insgesamt mit einer kommunikativ ermittelten und erhaltenen Repräsentationsschichtung zu tun. Sie ist nur insoweit hierarchisch, als die jeweils übergeordneten Orientierungen relativ genau angeben, welche Entscheidungen zu vermeiden sind. Sie weisen nicht an, welche Entscheidungen zu treffen sind. Die empirisch ermittelten Resultate der untergeordneten Entscheidungsebene wiederum können Auswahlen anregen und begründen etwa derart, daß auf Wirkungen verwiesen wird, die als gute bzw. schlechte Repräsentationen gelten können. Daraus folgt für jede didaktische Entscheidungsebene die Empfehlung, einen Satz von Kriterien oder Aussagen zu vereinbaren, der als normativer Rahmen den Handlungsspielraum auf Zeit festlegt.

Dies kann auf der Basis einer Verfahrensregelung geschehen, die Rechtfertigungen und Begründungen offenlegt und kritisch diskutiert. Der herrschaftsfreie Diskurs wird als idealisierte Verfahrensform postuliert (vgl. u. a. Jürgen HABERMAS 1973, Karl Otto APEL 1973), obwohl wir wissen, daß weder etablierte Herrschaft noch Gelegenheiten zur Vorteilsnahme freiwillig aufgegeben werden.

Der dargestellte Rechtfertigungs- und Begründungszusammenhang besteht übrigens über alle Repräsentationsschichten hinweg. Dadurch erhalten letztlich sowohl die übergeordneten Zielsetzungen als auch die empirischen Aussagen zum Unterricht ihre volle Bedeutung erst im Gesamtzusammenhang des individuellen und gesellschaftlichen Bildungsgeschehens. Insofern bleibt trotz relativer Autonomie jeder Ebene die Gültigkeit ihrer Aussagen hypothetisch.

Zusammenfassend für die Schadensproblematik heißt dies, wir können nicht ableiten, welche Schadensereignisse zu behandeln sind. Allerdings lassen sich Kriterien für Ziel- und Inhaltsentscheidungen nennen und Ereignisse identi-

fizieren und entwerfen, für die angegeben werden kann, ob sie den übergeordneten Orientierungen, den Prinzipien, wie Hermann MÜLLER sie nennt, genügen. Das Ziel naturverträglichen und menschengerechten Handels kann beispielsweise am Spannungsgefüge folgenden Prinzipien ausgerichtet werden.

Ernst BLOCHs "Prinzip Hoffnung" (1959) bezeichnet mit "Naturallianz" die konkrete Utopie einer Humanisierung der Natur und die Naturalisierung des Menschen als prozessuale Zielkategorie unserer Entwicklung. Diese Auffassung enthält die Erwartung einer prinzipiellen Gestaltbarkeit zum Guten.

Hans JONAS setzt sein "Prinzip Verantwortung" (1979) dagegen, indem er darauf verweist, daß wir als Menschen die Macht über unsere Geschichte nur retrospektiv innehaben. Deshalb könnten wir weder auf die Selbstregulierung der Natur noch auf die Richtigkeit unseres Handelns vertrauen. Die geschichtliche Erkenntnis offenbart ja gerade, daß wir nicht alles tun dürfen, was wir zu tun in der Lage wären. Tatsächlich geht es um die Anerkennung beider Prinzipien und um das Wirken innerhalb der zwischen beiden bestehenden Spannung.

Entsprechend leistet die Gegenüberstellung der Prinzipien Selbstverwirklichung (etwa nach den Ausführungen bei Michael THEUNISSEN 1982) und Konvivialität (bei Ivan ILLICH 1980) für die Ausrichtung dessen, was als menschengerecht zu gelten hat. Für sie wäre zu diskutieren, welche Auswirkung sie auf die Entwicklung und Gestaltung des menschlichen Zusammenlebens haben.

Für die Inhaltswahl wiederum sind Probleme etwa aus den Bereichen Gesundheit, Sexualität, Verkehr oder Umwelt identifizierbar, die bereits didaktisch bearbeitet und für Kinder von erheblicher Bedeutung sind.

2.2 Materiale und formale Bildung

Bezüglich der Ziele und Inhalte des Unterrichts läßt sich in unserer Bildungstradition eine deutliche Präferenz für die normative Festlegung von Inhalten feststellen. Darauf wurde bereits im Zusammenhang mit der Lehrplanpraxis hingewiesen. Die didaktischen Ansprüche der "Sachen", insbesondere die der

Wissenschaften, prägte die praktische Gestaltung unserer Bildungsgeschichte. Sie treffen damit aber nur die materiale Seite der Bildung. Denn diese ist inhaltlich bestimmt und tendiert dazu, einen Kanon erforderlichen Wissens zu definieren, dessen Besitz die humane Qualität des Gebildeten verspricht. Die Grenzen dieses Ansatzes liegen in der Limitierung der Anzahl, Art und historischen Reichweite der Inhalte. Ausgewählt wird das vermeintlich Bewährte. Damit unterwirft sich Didaktik dem Urteil der Vergangenheit: Inhalte, Urteilsmaßstäbe und Geltungskontexte bleiben zwangsläufig hinter der Gegenwart und ihren Lebensaufgaben zurück. Sie betreffen einen immer kleineren Ausschnitt des aktuellen Lebens und ihre Gültigkeit nimmt eher zu als ab.

Die Festlegung auf eine Liste didaktisch bevorzugter, weil als heute lebensbedeutsam erkannter Probleme oder Inhalte, wie sie für die Behandlung der Schadensproblematik zweckmäßig erscheinen mag, löst dieses Problem nicht. Denn ausgewählt werden jene Sachverhalte und darauf bezogene konkrete Handlungen, die historisch als Schaden beziehungsweise Nutzen bewirkend erkannt sind. Deshalb trifft auch sie die Kritik an den materialen Bildungsbemühungen. Zu viele lebensrelevante Probleme und Inhalte bedürfen der materialen Bearbeitung als daß dies zugleich gegenwartsnah und didaktisch wirksam geschehen kann. Und laufend entstehen neue Probleme.

Hoffnungsvoller erscheint die Bestimmung von individuellen Qualitäten des Subjekts, das in seiner Personwerdung jene Fähigkeiten entwickelt, die - historisch adäquat - zur Bearbeitung und Lösung der als individuell und gesellschaftlich lebenswichtig erachteten Probleme und Inhalte erforderlich sind. Dieser, als formal bezeichneter Ansatz hatte seine Geschichtswirksamkeit hauptsächlich in der pädagogischen Theoriediskussion. Doch er wurde gelegentlich auch schulpraktisch. So setzen beispielsweise die pädagogischen Bewegungen "vom Kinde aus" darauf, daß günstige Entwicklungsbedingungen für die jungen Menschen hinreichen, um die das menschliche Überleben erforderlichen Fähigkeiten zu entfalten. Sie tendieren folglich dazu, Bildung vom Subjekt aus zu definieren, von der Entwicklung und Förderung seiner Möglichkeiten, nicht von den Sachen und ihrer intersubjektiven Bedeutung. Zwar bleibt dabei unbestritten, daß Bildung Inhalte erfordere, konkret bestimmbare Aufgaben. Aber diese Inhalte erhalten ihre pädagogische Bedeutung hauptsächlich als Beitrag zur Entfaltung der individuellen Fähigkeiten

des Kindes. Diese Auffassung ist aus eben diesem Grund unvollständig und damit didaktisch wie pädagogisch unzureichend. Sie löst nicht ein, daß die Bewältigung existentieller Lebensbedingungen selbst bildungswirksam ist. Diese aber sind nicht funktionalisierbar oder didaktisch herstellbar. Sie sind und erfordern konkretes Wissen und Können.

Obwohl die prinzipielle Unhaltbarkeit der "reinen" Positionen spätestens seit Wolfgang KLAFFKs (1958) historischer Analyse und Herwig BLANKERTZ' (1969) Präzisierung aufgeklärt ist, finden sich immer wieder Protagonisten der einen wie der anderen Auffassung. Dementsprechend werden entweder gegen die Ansprüche "der Sache" die Vorrechte des Kindes eingefordert oder der Bedürfnisbefriedigung des sich entwickelnden Kindes die Erfordernisse der "Sachen" entgegengesetzt. Für den Sachunterricht sind es beispielsweise die immer wieder aufflammenden Streitigkeiten um "Kindorientierung" und "Wissensorientierung", die wohl solange nicht beigelegt werden können als nicht akzeptiert wird, daß ein auf Bildung und Handeln bezogener Unterricht Kind und Sache als Einheit auffassen muß, ohne das eine für das andere zu funktionalisieren. Weder darf der Sache wegen den Intentionen der dem Unterricht zugeordneten Wissenschaften gefolgt noch der Kinder wegen bei Inhalten kindlicher Alltäglichkeit verharret werden. Die Folgen wären entfremdende Distanz beziehungsweise trivialisierende Nähe.

Auf eine Tendenz zur vereinseitigenden Simplifizierung mit nachfolgender Trivialisierung haben HILLER (1989) und SCHREIER (1989) hingewiesen. Sie ist auch im engeren didaktischen Entscheidungsfeld der Schadensproblematik zu beobachten. Entweder werden bedeutsame Schadensbereiche abgehandelt - z. B. Waldsterben, Ozonloch, Wasserverschmutzung, Treibhauseffekt - die die Kindern bestenfalls auf der Erscheinungsebene informieren und zu imitativen Verhalten drängen, sie aber in ihrer Wissensentwicklung weder unterstützen noch zum erkenntnisgeleiteten Handeln befähigen. Oder es werden allgemeine Fähigkeiten an einfachen Beispielen trainiert (z. B. vergleichen, klassifizieren, lesen und schreiben, addieren, untersuchen). Die Probleme dieser Trennung sind bekannt.

Wer bei Kindern allgemeine Problemlösefähigkeiten entwickeln will, stellt bald fest, daß dieses Vorhaben bildungswirksam nur gelingen kann, wenn Probleme bearbeitet werden, die für Kinder bedeutsam sind oder bedeutsam

werden. Und wer sich auf inhaltlich bedeutsame Probleme einläßt, stellt fest, daß ihre nur deskriptive und bestenfalls reproduktive Bearbeitung ebenfalls bildungsunwirksam ist.

Daraus folgt zusammenfassend, daß Schadensereignisse gesucht werden, bei denen die Einheit von Kind und Problem besteht, so daß in wechselseitiger Entfaltung und Gegenüberstellung das Problem für das Kind erkennbar und schließlich lösbar wird. Ich habe bereits eingangs darauf vorbereitet, daß es diese Probleme für ein Kind auch intentional annehmbar, bestimmbar und prinzipiell erfolgreich zu bearbeiten sein müssen.

2.3 Zur Entwicklung des moralischen Verständnisses

Die Arbeiten Jean PIAGETs, Lawrence KOHLBERGs und Robert KEGANs machen deutlich, daß Kinder im Grundschulalter ihr Handeln noch nicht an moralischen Prinzipien ausrichten können. Das wäre idealiter erforderlich, um im Einzelfall "richtig" handeln zu können. Da jedem Einzelfall Besonderheit zukommt, müßte sich das Kind jeweils zur Sache kundig machen und dann Entscheidungen zugunsten jener Prinzipien treffen, die in der kritischen Reflexion, also bei Abwägung allen ihm verfügbaren sachlichen, sozialen und moralischen Wissens als die richtigen erscheinen.

Dabei stellt jede Entscheidung eine Problemsituation dar, für die jeweils zu klären ist, welches Handeln Schaden vermeidet und welches nicht. Um diese Probleme zu lösen, wird das Individuum mehrere Handlungsentwürfe zu erarbeiten und gegebenenfalls zu erproben haben. Für jeden von diesen muß es ihm gelingen, zwischen sich selbst, d.h. seinen Bedürfnissen, Antrieben und Wünschen, und den Anforderungen der Schadensvermeidung prinzipientreu zu vermitteln. Die dazu erforderliche Ich-Entwicklung im Sinne einer inneren zunehmenden Ermächtigung zur Selbstbestimmung geschieht in der Auseinandersetzung des Ichs mit der Welt und mit sich selbst. Dabei entwickeln sich Wissen, Fähigkeiten und Selbstvertrauen, Voraussetzungen, um erkenntnisgeleitet und verantwortlich handeln zu können.

Wenn Grundschulkinder zwischen "guten" und "schlechten" Intentionen, Handlungen und Wirkungen unterscheiden, dann geschieht dies durch analogisierende Interpretationen und Bewertungen, die sie aus bekannten

Situationen kennen. Damit ist ein Zugang zur pädagogischen Aufgabe gekennzeichnet. Daß Kinder sich selbst an solchen Erfahrungen und Urteilen orientieren und sie sogar antizipativ für ihr eigenes Handeln vorwegdenken sollen, ist bereits eine weitergehende anspruchsvolle Zielsetzung, die im Grundschulalter kaum erreicht wird. Sie behält dennoch ihre Geltung, weil Lehrerinnen und Lehrer Äußerungen und Tätigkeiten der Kinder auf diese Zielsetzung hin prüfen und fördern können. Die Erfahrungen der Schadensvermeidung und Schadensminderung, die Kinder an konkreten Anlässen und Aufgaben schon früh machen können, werden nach und nach bewußter verarbeitet und zunehmend intentionaler für das eigene Handeln.

3 Erkenntnisentwicklung als Diskontinuität

In habe bereits ausgeführt, warum Kinder nicht nur befolgend oder nachmachend tätig werden sollen, sondern erkenntnisgeleitet handeln lernen müßten (auch LAUTERBACH 1989). Dadurch würde ihr Tun auch später der erkenntnisgeleitet sein und bliebe nicht allein Reproduktion unreflektierter Gewohnheiten. Die Erfüllung dieses Anspruchs erfordert freilich mehr als nur geduldige pädagogische Anstrengungen. Sie wirft unmittelbar die Frage nach der Kontinuität der Erkenntnisentwicklung auf, weil sie empirisch Diskontinuität belegt. Ich möchte das an vier Punkten illustrieren. Dabei spreche ich der Kürze wegen zwar nur allgemein von Wissen, schließe jedoch die implizierte Handlungskompetenz ein.

(1) "Schaden vermeiden" und "Nutzen erbringen" setzen konkretes Wissen voraus, das für den jeweiligen Fall gültig sein muß. Die jeweils relevanten Sachverhalte müssen demnach kennengelernt und zu operativem Wissen werden. Es handelt sich dann um Wissen, das nicht bloß mitgeteilte Information ist, sondern (etwa gemäß konstruktivistischer Auffassung bzw. dem radikaleren Selbstorganisationsparadigma) vom Kind selbst an der Bearbeitung des konkreten Problems entwickelt wird. Es reicht von der Schadenswahrnehmung zum Schadensbewußtsein, führt zur Schadensbeseitigung bzw. Schadensminderung hin und bewirkt letztlich - antizipativ - Schadensvermeidung. Nochmals: Es handelt sich jeweils um einzelne konkrete Probleme wie die Betreuung eines bestimmten Baumes oder den pfleglichen

Umgang mit den eigenen Zähnen. Solch konkretes Wissen kann additiv vermehrt werden, indem immer wieder neue Probleme kennengelernt und bearbeitet werden. Es ist insofern diskontinuierliches Wissen, als es jeweils durch neue konkrete Erfahrungen angereichert wird.

(2) Die Quantität des konkreten Wissens über einzelne Fälle der bisherigen Erfahrung schlägt gelegentlich zur Qualität eines allgemeineren Wissens für ähnliche andere Ereignisse und Probleme um. Wissen wird begrifflich, und es wird systematisch. In einer einfacher Fassung bedeutet dies beispielsweise, daß Kinder einen Schadenssachverhalt in anderen Kontexten als den jeweils vorher kennengelernten erkennen können. Dazu sind begriffliche Abstraktion und Reorganisation des Wissens erforderlich, die den Sachverhalt von dem jeweils konkreten Kontext abheben (bzw. herauslösen), ihn auf andere übertragen (bzw. einfügen) und ihn schließlich zu einem Oberbegriff bzw. System höherer Ordnung reorganisieren. Das geschieht vermutlich zuerst über mehr oder weniger gelungene Ähnlichkeitsübertragungen bisherigen Wissens auf Unbekanntes. Damit beginnt die Sinnkonstitution oder Bedeutungsbildung des Neuen, um mit ihm umgehen zu können: "Neues" erscheint (funktioniert) dann in einer bestimmten Hinsicht so wie "Bekanntes". Der diskontinuierlich erscheinende Übergang erfolgt mit der Konstruktion eines umfassenderen und bedeutungsmäßig leistungsfähigeren Begriffs bzw. Systems (vgl. beispielsweise KEGAN 1986). Mit ihm wird das bisherige Wissen neu organisiert. Zum einen wird es in das neue System immer besser (konsistenter, funktionaler) integriert, zum anderen bei der Systementwicklung differenziert. Auf die Unterschiede in den Klassen- und Systembildungen sowie die besonderen Schwierigkeiten der Kontextbindungen, die u. a. die Geltungsbereiche von Übertragungen und Systembildungen betreffen, gehe ich hier nicht weiter ein.

Übertragungen und Systembildungen sind zwar üblich, sie geschehen jedoch nicht zwangsläufig. So läßt sich weder hinreichend genau angeben, welche Probleme in ihrer Abfolge und Häufigkeit eine Übertragung und welche eine Systembildung bewirken, noch lassen sich die personalen Voraussetzungen und die situativen Bedingungen für eine wirksame Wissensentwicklung vorbestimmen. In diesem Zusammenhang erinnere ich an das Konzept der subjektiven Erfahrungsbereiche bei Heinrich BAUERSFELD (1983). Im Rückgriff auf die Untersuchungen LAWLERs (1981) führt er aus, es gebe keine selbstverständliche Kontinuität von einem Erfahrungsbereich (z. B.

Umgang mit Geld) in einen anderen (z. B. Zehnerüberschreitung) ohne zusätzliche, Verallgemeinerung und Reorganisation erzeugende Lernprozesse.

Die unter diesem zweiten Punkt angesprochenen Diskontinuitäten in der Erkenntnisentwicklung werden in den sogenannten konstruktivistischen Entwicklungstheorien diskutiert.

(3) Um Schaden zu vermeiden, muß das eigene Handeln projektiv auf mögliche Wirkungen hin beurteilt werden. Unter diesem Punkt befasse ich mich mit der Entwicklung des Antizipationsvermögens. Auf dessen besondere Bedeutung habe ich eingangs hingewiesen. Vereinfacht umschrieben ist es die Frage: "Was geschieht, wenn ... ?"

Das Antizipationsvermögens erscheint komplexer als die Schadenserkenntnis und umfaßt sowohl das Vorausfühlen (als mitfühlende Ahnung) und Vorausschauen (als bildhafte und dynamische Projektion) als auch das Vorausdenken (als analytische und synthetische Operationen) und die Handlungssimulation (als rekursive Reflexionsschleifen).

Intuitionen oder Ahnungen können als projektive Übertragungen in die Zukunft interpretiert werden. Wie sie zustandekommen, ist bestenfalls spekulativ bearbeitet. Bei der Entwicklung des Antizipationsvermögens stellt sich deshalb ebenfalls die Frage nach ihrer Kontinuität.

Vermutlich setzt entwickelte Antizipation Geläufigkeit in der Bedeutungsübertragung in andere Kontexte voraus. Sie unterscheidet sich dadurch von den Übertragungen zwischen verschiedenen Kontexten, daß die neuen Kontexte einem vermeintlichen Möglichkeitsraum angehören. Sie werden hypothetisch, wenn die Regelmäßigkeit bisheriger Erfahrung in die Zukunft extrapoliert wird. Das bedingt jedoch, daß bisher Erlebtes und Erfahrenes als sich regelhaft ändernd aufgefaßt und letztlich in die Form eines Entwicklungsgesetzes gebracht wird.

Diskontinuität verbinde ich hier mit dem Entstehen des Gesetzeswissens, dessen Aufgabe es ist, aus sukzessiv festgestellten Zuständen Prozeßregeln zu konstruieren. Bei neu gebildeten Systemen wäre beispielsweise ihre Entwicklungsdynamik zu erkennen.

(4) Um Schaden zu vermeiden, bedarf es schließlich der Rückführung des Antizipierten zu aktuellen Handlungskonsequenzen. Zuerst wären diese freilich nur zu denken bzw. zu simulieren, um neuerliche, gewissermaßen doppelthypothetische Antizipationen anzuregen. Sie sollen ermitteln helfen, wie Wünschbares erreicht und Unerwünschtes vermieden werden könnte, indem sie den Möglichkeitsraum der eigenen Handlungen und den der gewünschten Zustände erweitern und wechselseitig aufeinander abstimmen.

Auch bei diesem rekursiven Prozeß treten Diskontinuitäten auf, beispielsweise bei der Einbeziehung sogenannter Nebeneffekte, mit denen üblicherweise die vor ihrem Eintreten unbekannten oder unberücksichtigt gebliebenen Wirkungen beschrieben werden. Ich gebe hier nur einen systematischen Hinweis zum Erkennen von Nebeneffekten. Menschliche Handlungen sind meso-kosmisch. Wir wissen aber theoretisch, daß sie sich auch mikro- oder makro-kosmisch aus- und dann meso-kosmisch zurückwirken. Erfahrbar sind allerdings nur die meso-kosmischen Wirkungen. Sofern der mikro- bzw. makro-kosmische Zusammenhang nicht bekannt ist (wie das Grundschulkinder und auch viele Erwachsene zutrifft), besteht ein Diskontinuitätsproblem. Denn es gibt zwischen dem meso-kosmischen Ausgangsproblem, den ausgeführten Handlungen und den meso-kosmischen Rückwirkungen keine kontinuierliche Erfahrung. Kontinuität kann lediglich theoretisch hergestellt werden.

Bei den vier Punkten habe ich mich weitgehend auf das Wissen beschränkt und für das Handeln ein einfaches Problemlösemodell angenommen: Aus einer Ausgangssituation, die als Problem oder Aufgabe erkannt wird, folgen Handlungen und daraus neue Systemzustände, die Ergebnisse. Je komplexer die Probleme, desto unbestimmter die "richtige" Handlung und das "richtige" Ergebnis.

Die Fähigkeit zur Schadensvermeidung erfordert den wirksamen Umgang mit ungelösten Problemen. Ein ungelöstes Problem darf deshalb nicht dazu führen, daß es gar nicht erst angegangen oder lediglich auf ein gelöstes reduziert wird. DÖRNER (1989) stellt dies aber als verbreitete Verhaltensweisen bei der Bearbeitung komplexer Probleme fest. Für Kinder wäre es also erforderlich, mit der Unbestimmtheit der Lösungswege und der Ergebnisse umgehen zu lernen, ohne dabei den Mut zu verlieren. Sie dürfen nicht, wie ROWE feststellte, das Vertrauen in die Wirksamkeit eigenen Handelns verlieren. Deshalb über-

setze ich versuchsweise die von mir ausgeführten vier Schritte in der Erkenntnisentwicklung in vier reflexive Fragenkomplexe:

(1) Was bewirke ich mit meiner Handlung in gleichen (ähnlichen) Situationen? Oder: Wie bewirke ich etwas bestimmtes in gleichen (ähnlichen) Situationen? (Reproduktion)

(2) Was bewirke ich mit meiner Handlung in einer anderen Situation? Oder: Wie bewirke ich etwas bestimmtes in einer anderen Situation? (Übertragung)

(3) Was bewirke ich mit meiner Handlung für eine zukünftige (mögliche) Situation? Oder: Wie bewirke ich etwas bestimmtes für eine zukünftige Situation? (Antizipation)

(4) Was bewirke ich zusätzlich (auch unbeabsichtigt) mit meiner Handlung hier und jetzt? anderswo? später? Wie bewirke ich mit meiner Handlung (auch) etwas anderes als das, was ich beabsichtige? (Reflexion)

Obwohl das Grundschulkind so nicht fragt, gibt es sprachliche und nicht-sprachliche Äußerungen, die auf diese Fragen antworten. Es kommt darauf an, daß Lehrerinnen und Lehrer (aber auch Didaktiker) mit derartigen Fragen im Kopf Kinder zu beobachten beginnen, entsprechend ihre Antworten auswählen und schließlich nach Wegen suchen, zufällig Erscheinendes gezielt zu fördern und systematisch mitzuentwickeln. Bei den gesuchten Äußerungen der Kinder bedarf es von seiten der Beobachter verlängerter Aufmerksamkeitsspannen, verstärkender Anerkennung und behutsamer Förderung. Um zu ermitteln, wie Kinder anfangen können, schlage ich zu einem Beobachtungs- und Interpretationsraster folgende Stücke vor, die auf meine bisherigen Arbeiten zum Schadensparadigma zurückgehen.

4 Gesichtspunkte für die Beobachtung

Ich beschränke mich auf vier, formal voneinander unterscheidbare Beobachtungskomplexe: Art des Schadensparadigmas (A), seine Reichweite (B), mögliche Übergangsprozesse (C) und Wirkungsbeziehungen (D). Der zweite Komplex war das Thema des vorausgegangenen Abschnitts, während ich die

anderen bereits zu einem früheren Zeitpunkt ausgeführt habe (LAUTERBACH 1989). Bezüglich der Kontinuitäts-Diskontinuitäts-Frage erscheinen zusätzlich zur Reichweite des entwickelten Schadensparadigmas insbesondere auch die Übergangsprozesse bedeutsam. Sie sind in Anlehnung an GENTER (1983) formuliert, der auf dem Hintergrund einer Theorie des Vergleichens eine Differenzierung der Analogiebildung vornahm.

A Art des Schadensparadigmas

Gibt das, was Kinder sagen oder tun, einen Hinweis darauf, daß sie eine Situation bzw. ein Ereignis bewerten als

- (1) erhaltenswert?
- (2) anregend (positive Destabilisierung)?
- (3) störend (kurzzeitige, negative Destabilisierung)?
- (4) beeinträchtigend (regenerierbare Schädigung)?
- (5) beschädigend (dauerhafte Schädigung)?
- (6) degenerierend (zum Verfall führend)?
- (7) zerstörend?

B Reichweite des Schadensparadigmas

Gibt das, was Kinder sagen oder tun, einen Hinweis darauf, daß sie ein ihnen bereits bekanntes Schadens- bzw. Entwicklungsereignis

- (1) wiedererkennen?
- (2) auf eine neue Situation übertragen?
- (3) auf eine zukünftige Situation projizieren?
- (4) antizipieren und darauf bezogen ihr Handeln ausrichten?
- (5) antizipieren und daraufhin alternative Handlungen erwägen?
- (6) antizipieren und bei Handlungserwägungen mögliche Nebenwirkungen berücksichtigen?

C Übergangsprozesse

Erfolgt das Erkennen, Übertragen, Antizipieren oder reflexive Handeln mittels

- (1) Anomalie (Fehlübertragung)?
- (2) Assoziation (unbestimmte Übertragung)?
- (3) Augenschein (Merkmalsübertragung)?
- (4) Analogie (Strukturübertragung)?
- (5) Gesetz (Regelerweiterung)?
- (6) Modell (Strukturkonstruktion)?
- (7) Metapher (Kontextprojektion)?

D Wirkungsbeziehungen

Gibt das, was Kinder sagen oder tun, einen Hinweis darauf, daß sie schadensrelevantes Verhalten bzw. Entwicklung und förderndes Verhalten erkennen und berücksichtigen?

Im einzelnen, daß das, was sie selbst tun (gebrauchen, verwenden), was andere tun, was Natur bewirkt, was Technik bewirkt

- (1) für sie selbst
 - in der aktuellen Situation schädlich oder förderlich ist?
 - früher schädlich oder förderlich war?
 - zukünftig schädlich oder förderlich sein könnte?
- (2) für andere
 - in der aktuellen Situation schädlich oder förderlich ist?
 - früher schädlich oder förderlich war?
 - zukünftig schädlich oder förderlich sein könnte?
- (3) für lebende Natur
 - in der aktuellen Situation schädlich oder förderlich ist?
 - früher schädlich oder förderlich war?
 - zukünftig schädlich oder förderlich sein könnte?

(4) für nicht lebende Natur

- in der aktuellen Situation schädlich oder förderlich ist?
- früher schädlich oder förderlich war?
- zukünftig schädlich oder förderlich sein könnte?

(5) für Technik oder von Menschen Gemachtes

- in der aktuellen Situation schädlich oder förderlich ist?
- früher schädlich oder förderlich war?
- zukünftig schädlich oder förderlich sein könnte?

5 Offener Ausgang

Die Leitfrage meines Beitrags ist nicht beantwortet. Ich habe sie statt dessen zu Gesichtspunkten für die Beobachtung von Kinderäußerungen differenziert, seien diese nun verbal oder nicht-verbal. Dadurch mag das Gesamtproblem zwar komplizierter erscheinen als vorher, seine Bearbeitung wird allerdings erleichtert. Denn nach und nach können die für Kinder relevanten Schadensbereiche identifiziert und die formalen Fassungen der Beobachtungsgesichtspunkte für diese problemspezifisch präzisiert werden. Dies geschieht in einem iterativen Annäherungsprozeß. Mehrere Problembereiche, die für die Entwicklung unserer Kinder eine erhebliche Bedeutung besitzen, wie Sexualität, Verkehr, Familie oder Gesundheit, sind bekannt.

Abschließend möchte ich auf die Unbestimmtheit der hier behandelten Thematik eingehen. Auf die Frage "Wie sind die heute als vordringlich erkannten Probleme pädagogisch und didaktisch angemessen zu lösen?" oder grundsätzlicher: "Welches sind die zugleich gesellschaftlich wie individuell richtigen Lösungen?" gibt es keine sichere Antwort. Denn mit Gewißheit kann niemand vorhersagen, welche individuellen Verhaltensweisen im Interesse des gemeinsamen Überlebens jeweils erforderlich sind. Zwar wissen wir einiges darüber, was wir zielbezogen falsch gemacht haben und weiterhin falsch machen könnten, doch die prospektive Gewißheit des "richtigen" Weges ist prinzipiell nicht erreichbar. Das lehren geschichtliche Entwicklungen. Auch für individuelles Handeln liegen empirische Daten vor, darunter die Untersuchungsergebnisse Dietrich DÖRNERs (1989). Er weist dem menschlichen

Handeln eine "Logik des Mißlingens" nach, kann jedoch keine Logik des Gelingens feststellen. Er hat die vielen "normalen" Fehlhandlungen bei Menschen jeglichen Alters systematisiert und als anthropologische Beschränkung gekennzeichnet.

Howard GARDENER (1989) vermutet, nur eine umfassende Kognitionswissenschaft, in der Philosophie, Psychologie, Linguistik, Anthropologie, Neurowissenschaften und Künstliche Intelligenz integriert sind, könne weiterführen. Weder zusätzliche Spezialisierungen in Partialdisziplinen noch das Vertrauen in einen "gesunden Menschenverstand" erbringen gegenwärtig Erkenntnisfortschritte.

Pädagogische Ausblicke sind weniger pessimistisch. Auch kann pädagogische und didaktische Praxis nicht auf die Lösung dieser Probleme warten. Sie ist Subsistenztätigkeit und muß täglich verrichtet werden nach bestem Wissen und mit voller Verantwortung für diejenigen, die heute leben. Insofern müssen auch die erwähnten Probleme ohne Aufschub bearbeitet werden. Dabei kann es keinen Rückzug auf gewohnte Lösungsversuche oder eine Problemreduktion geben: Die Aufgaben haben all jene Merkmale, die DÖRNER für komplexe Probleme nennt. Insofern verbietet es sich, den eigenen Erfahrungen und den Interpretationsmustern ungebrochen zu vertrauen. Wir müssen sie in einem iterativen Verfahren des hypothetischen Fortschritts der Kritik durch Theorien und deren Kritik durch neue Praxis aussetzen, um nicht hinter die bereits verfügbaren Erkenntnisse zurückzufallen. "Wann wissen wir, was wir bewirken können?"

Literatur

- AJZEN, I./FISHBEIN, M.: Understanding attitudes and predicting social behaviour. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall 1980.
- AJZEN, I./MADDEN, T.J.: Prediction of goal-directed behavior: The role of intention, perceived control and prior behavior. In: *Journal of Experimental Social Psychology*, 22 (1986), 453-474.
- APEL, K.O.: Das Apriori der Kommunikationsgemeinschaft. In: *Transformationen der Philosophie*. Band II. Frankfurt/M. 1973.
- BAUERSFELD, H.: Subjektive Erfahrungsbereiche als Grundlage einer Interaktionstheorie des Mathematiklernens und -lehrens. In: BAUERSFELD, H./BUSSMANN H. u.a. (Hrsg.): *Lernen und Lehren von Mathematik*. Köln: Aulis 1983, 1-56.
- BLANKERTZ, H.: *Theorien und Modelle der Didaktik*. München: Juventa 1969.
- BLOCH, E.: *Das Prinzip Hoffnung*. Frankfurt/M.: Suhrkamp 1959.
- BROPHY, J./EVERTSON, C.: *Learning from teaching: A developmental perspective*. Boston 1976.
- DÖRNER, D.: *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 1989.
- GARDENER, H.: *Dem Denken auf der Spur*. Stuttgart: Klett-Cotta 1989.
- GENTER, D.: Structure-mapping: Theoretical framework for analogy. In: *Cognitive Science* 7 (1983), 155-170.
- HABERMAS, J.: *Legitimationsprobleme im Spätkapitalismus*. edition suhrkamp 623. Frankfurt/M.: Suhrkamp 1973.
- HECKHAUSEN, H.: Förderung der Lernmotivierung und der intellektuellen Tüchtigkeiten. In: ROTH, H. (Hrsg.): *Begabung und Lernen*. Deutscher Bildungsrat. Gutachten und Studien der Bildungskommission. Band 4. Stuttgart: Klett 1969, 193-228.
- HILLER, G.-G.: Die Wirklichkeit berechnen. In: *Die Grundschule*, 3 (1989), 26-29.
- ILLICH, I.: *Selbstbegrenzung - Eine politische Kritik der Technik*. Reinbek: Rowohlt 1980.
- JONAS, H.: *Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technische Zivilisation*. suhrkamp taschenbuch 1085. Frankfurt/M.: Suhrkamp 1979.
- KEGAN, R.: *Die Entwicklungsstufen des Selbst*. München: Kindt 1986.
- KLAFKI, W.: *Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung*. Weinheim: Beltz 1963².
- KOBALLA, T.R.: Teaching hands-on science activities. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (1986), 493-502.

- LAUTERBACH, R.: Erkenntnisgrenzen und Sachlichkeit. In: SCHWEDES, H. (Hrsg.): Erziehung zur Sachlichkeit. Bremen: Universität Bremen 1989.
- LAWLER, R.W.: The progressive construction of mind. In: Cognitive Science, 5 (1981), 1-30.
- MEYER, H.: Einführung in die Curriculum-Methodologie. München: Kösel 1972.
- ROWE, M.B.: Wait-Time and Rewards as Instructional Variables, their Influence on Language, Logic, and Fate Control. In: Journal of Research in Science Teaching, 11 (1974), 293ff.
- SCHREIER, H.: Ent-trivialisiert den Sachunterricht. In: Die Grundschule, 3 (1989), 10-13.
- SHRIGLEY, R.L.: Attitude and Behavior are Correlatives. In: Journal of Research in Science Teaching, 27 (1990), 97-113.
- THEUNISSEN, M.: Selbstverwirklichung und Allgemeinheit. Zur Kritik des gegenwärtigen Bewußtseins. Berlin, New York: Walter de Gruyter 1982.

ERKENNEN IM PHYSIKALISCHEN BEREICH DES SACHUNTERRICHTS

Kay Spreckelsen, Gesamthochschule Kassel

Im folgenden soll über Ergebnisse von Untersuchungen berichtet werden, die seit einigen Jahren an der Gesamthochschule Kassel durchgeführt werden, sowie über sich für die Praxis des Sachunterrichts ergebende Konsequenzen.

1 Zu den Befunden der bisherigen Untersuchungen

1.1 Phänomenklärungsprozesse bei Grundschulern

Wie bereits früher beschrieben (HAGSTEDT 1986, S. 318ff.), bilden Analogieprozesse für Grundschüler ein wichtiges Hilfsmittel bei der Erschließung der Umweltphänomene. Das neu betrachtete Phänomen wird dabei in Relation zu einem früher erlebten und bei der Betrachtung des neuen Phänomens wieder erinnerten Phänomen gesetzt. Hierbei geht das Kind zunächst von eher äußerlichen Sinnesdaten, also vom Phänotypus, d.h. dem Erscheinungsbild des Phänomens, aus:

Zwei aneinandergesteckte, drehbar gelagerte Kerzen erinnern das Kind an die Wippe auf dem Kinderspielplatz, "und die Flammen sind die Menschen". Wir haben diese Art der Analogiebildung daher als "phänotypische Analogiebildung" bezeichnet.

Das Grundschulkind bleibt dabei aber nicht stehen. Es fragt weiter, will den Dingen auf den Grund gehen. Wir beobachteten im Rahmen mehrerer physikalischer Versuche ("Phänomene") innerhalb einer Sequenz - vornehmlich bei

älteren Grundschulkindern - das Bestreben, die einzelnen Versuche miteinander zu verknüpfen: "Das hat ja alles *einen* Sinn", oder: "Alles mit Gleichgewicht". Die einzelnen Phänomene werden auf ein gemeinsames Funktionsprinzip hin befragt. Dabei wird jeweils von einem Versuch auf den anderen geschlossen (W. Stern - 1967 - nennt diese Art des Schließens "Transduktions-schluß"), und es wird erkannt, daß sie mit "Balancieren", mit Gewichten und ihrer Positionierung zu tun haben, eben "mit Gleichgewicht". So tasten sich die Schüler analogisierend an ein gemeinsames Funktionsprinzip oder - mit anderen Worten - an den physikalischen Kern oder Sachinhalt heran, der einem Teil der Versuche unserer Sequenz innewohnt. Sie bemerken durchaus, wenn ein Phänomen - in unserem Falle der "Flaschengeist" (vgl. HAGSTEDT 1986) - nicht dazu paßt. Diese Form der Analogiebildung haben wir - im Unterschied zur phänotypischen Analogiebildung - "genotypische Analogiebildung" genannt. Sie stellt die für physikalisches Erkennen ausschlaggebende Form dar. Ihr Vollzug stellt einen mentalen Umstrukturierungsprozeß dar, der von der äußeren Erscheinungsform (den Wahrnehmungsdaten) abhebt und unterschiedlich Erscheinendes in Beziehung zueinander setzt, d. h. genotypisch analogisiert und damit auf einen gemeinsamen (physikalischen) Wesenskern zurückführt.

Ein weiteres Ergebnis unserer Untersuchungen ist der Gebrauch des sog. "Täter-Tat-Schemas" als Interpretationsmuster bei der Aufklärung physikalischer Phänomene durch Grundschüler. Dieses Schema besteht darin, Vorgänge und Erscheinungen zu personalisieren, eine "Tat" mit einem "Täter" zu versehen. Ihm zufolge wird das Schaukeln der "Kerzenschaukel" (s. o.) bewirkt durch "die Wärme, die Wärme zieht die Kerze hoch". Täter im Phänomen ist "die Wärme" (Subjekt), ihre Tat besteht im "hochziehen" (Prädikat), ausgeübt wird sie an der "Kerze" (Objekt). Wir haben hier die den indogermanischen Sprachen typische Form des Satzbaus (Subjekt-Prädikat-Objekt), die nach dem "linguistischen Relativitätsprinzip" (Sapir-Whorf-Hypothese, vgl. WHORF 1963) unsere Weltauslegung beeinflusst (s. WEIN 1957, S. 520ff.), kurz: So, wie wir sprechen, denken wir auch. Dieses Täter-Tat-Schema können wir an vielen kindlichen Äußerungen im Rahmen unserer Untersuchungen feststellen. Es bedingt eine Projektion von "Tättern" in wahrgenommene Erscheinungen hinein, die für das Geschehen verantwortlich sind oder gemacht werden können, z. B. eben "die Wärme", was immer darunter verstanden wird.

Schließlich konnten wir noch ein weiteres Deutungsschema beobachten, nämlich die Regression auf ältere und älteste Erfahrungsbestände des Grundschulkindes. Durch die Form der Videodokumentation unserer Experimentiersequenzen war es uns möglich, nicht nur die verbalen Äußerungen der Schüler, sondern auch ihre Mimik und Gestik festzuhalten. Dabei wurde deutlich, daß die Kinder ihre eigene Körperlichkeit zur Phänomeninterpretation mit einbrachten. So führten Experimente wie der "Balancierende Knopf" oder der "Gleichgewichts-Akrobat" (PRESS 1964), Versuche also, die mit dem Balancieren zu tun haben, bei den Kindern häufig zu körperlichen Nachahmungen. Sie projizierten das Phänomen gewissermaßen in sich selbst hinein. Es kam zu Balanceakten auf imaginären Seilen etc. Beim Betrachten der Videobänder spürt man, wie hautnah die Erfahrung des aufrechten Ganges, eine der ältesten, einschneidenden Erfahrungen aus der frühkindlichen Entwicklung unserer Probanden, reaktiviert und zur Phänomendeutung eingesetzt wird. Die Kinder erleben das Phänomen an sich selbst und gelangen von daher zu interpretatorischen Ansätzen.

1.2 Motivationale Aspekte

Im Rahmen unserer Untersuchungen sind neben den kognitionspsychologischen Aspekten weitere, für die Sachunterrichtspraxis wesentliche Aspekte bedeutsam geworden, über die teils auch schon berichtet worden ist (HAGSTEDT 1986).

Zunächst soll auf die Bedeutung des Unerwarteten, Staunenswerten und Überraschenden in der Präsentation der Phänomene hingewiesen werden. Zum Teil wirkten einige Versuche wie Zauberei ("Der verhexte Karton", vgl. PRESS 1964) und damit außerordentlich motivierend auf die Schüler. Bis zur endgültigen Klärung bleibt das Phänomen rätselhaft und klärungswürdig, da es die innere Stabilität der Schüler im Vergleich zu ihren realistischen Vorerfahrungen angreift. Entsprechend hoch ist die Befriedigung, wenn das "Rätsel" gelöst werden kann. Wichtig erscheint mir in diesem Zusammenhang der Hinweis, es den Schülern ganz bewußt werden muß, daß es sich bei unseren Versuchen (wie überhaupt im Sachunterricht) eben *nicht* um Zauberei handelt, sondern daß ein Bewußtsein dafür entsteht, daß wir uns die

behandelten Phänomene erklären zu können. Daraus resultiert auch ein wichtiges Auswahlprinzip für im Unterricht zu behandelnde Sachverhalte und Erscheinungen: Sie müssen sich in den Verstehenshorizont des Grundschülers einfügen lassen. Damit ist nicht die restlose Aufklärung gemeint (falls es sie überhaupt gibt), das Phänomen darf nur nicht prinzipiell rätselhaft bleiben.

Zum zweiten soll noch einmal auf die Bedeutung des Umgehens mit an sich vertrauten Gegenständen aus der Alltagswelt der Schüler hingewiesen werden. Physik ist *nicht* die Summe der Gesetzmäßigkeiten, die für die Geräte bestimmter Lehrmittelhersteller gelten. Physik betrifft uns täglich alle (und auch nicht erst seit Tschernobyl). Ein Bewußtsein dafür kann nur entstehen, wenn auch der physikalische Bereich im Sachunterricht seinen direkten Alltagsbezug bekommt. Dies ist - wenigstens teilweise - dadurch erreichbar, daß die Schüler mit aus ihrer Alltagsumgebung entnommenen Gegenständen hantieren und experimentieren können, mit Kerzen, Flaschenkorken, Stricknadeln, Knöpfen, Saftflaschen, Gabeln, Joghurtbechern etc.

In diesen Zusammenhang gehört auch der dritte, hier anzuführende Aspekt: die Selbsttätigkeit der Schüler. Im Sachunterricht ist die originale Begegnung des Schülers mit Gegenständen und Erscheinungen der Umwelt angezeigt. Der Schüler soll sich mit der Sache selbst auseinandersetzen, sie selber befragen können. Nur so läßt sie sich in der ihr eigenen Autorität erkunden und erfahren. Nur durch eigenes Handeln kann der Schüler mit der Sache selbst ins Gespräch kommen. Befähigung zu eigenem Handeln kann nur in direktem Umgang mit der Sache gewonnen werden. Dies alles verlangt, im Sachunterricht den Schüler selbst tätig werden zu lassen, ihm die Chance zum Umgang mit Gegenständen und Erscheinungen seiner Umwelt zu geben. Er wird dies auch von sich aus wollen, er ist sogar viel stärker motiviert, sich auf eine Sache einzulassen, wenn er in der Lage ist, aktiv mit ihr umgehen zu können. Daraus folgt für den physikalischen Bereich im Sachunterricht: So viele Schülerexperimente wie nur möglich, und dazu eignet sich das Alltagsexperimentiergerät (s. o.) auf das Vorzüglichste. Besonderer Belege bedarf es an dieser Stelle vermutlich nicht. Hier handelt es sich um Erfahrungen, die jedem Grundschulpraktiker evident sind. Unsere Untersuchungen bestätigen diese ebenfalls.

1.3 Grundständiger Aufbau bzw. Umbau einer "intuitiven" Physik

Unsere Untersuchungen haben wir nicht nur mit Grundschulern, sondern in ähnlicher Weise auch mit Erwachsenen, insbesondere Studienanfängern, durchgeführt. Hierüber ist ebenfalls schon berichtet worden (SPRECKELSEN 1989, S. 107ff.). Besonders interessant war dabei, inwieweit gewisse, bei Grundschulern zu beobachtende Vorstellungen auch bei Studienanfängern anzutreffen sind. Es gibt eine umfangreiche Literatur darüber, wie zäh sich bestimmte Vorstellungen ("misconceptions" - "preconceptions", vgl. auch SCHÄFER 1985) in den Köpfen unserer Schüler halten, und so war es für uns nicht besonders verwunderlich, die Vorstellung der "Wärmesoghypothese" (SPRECKELSEN 1986, S. 103ff.) bei unseren Probanden quantitativ im gleichen Umfange (nämlich in einem Drittel aller Fälle) sowohl im Grundschulalter als auch bei unseren Studienanfängern wieder anzutreffen. Für die Bildung dieser Hypothese (nämlich, daß "die aufsteigende Wärme die Kerze mit hochzieht", vgl. das dazu unter 1.1) Ausgeführte) ist das Interpretationsmuster der Täter-Tat-Struktur mitverantwortlich, und das Vorhandensein dieses Interpretationsmusters läßt sich nicht nur im Grundschulalter belegen, es ist vielmehr auch beim Erwachsenen vorhanden und gehört zu den Grundmustern einer "intuitiven Physik", der wir alle anhängen (VIENNOT 1979, S. 205ff.). Es hat sich die Auffassung durchgesetzt, daß sich beispielsweise beim Physiklernen nicht Prozesse vollziehen, durch die alte ("falsche") Vorstellungen einfach ausgelöscht und durch neue ("richtige") ersetzt werden, sondern vielmehr das Hinzugelernte sich wie bei den Schalen einer Zwiebel (WAGENSCHN 1965², S. 55) um das bereits im Gehirn Gespeicherte herum anlagert. Aus einer solchen Auffassung folgt das lebenslange Vorhandensein alter Erkenntnisbestände, und es ist eine Frage der Untersuchungsmethode, diese wieder zum Vorschein kommen zu lassen. Hierzu eignen sich vor allem neuartige, unerwartete und überraschende Phänomene, also solche, über die man nicht bereits hinreichend "nachgedacht" hat. Sie erzeugen eine produktive Unruhe und Unsicherheit, die den Ungeübten in sein Alltagsdenken "zurückfallen" lassen und so dazu führen, die "alten" Deutungsmuster wieder ins Feld zu führen. Andererseits hat der Sachunterricht die Aufgabe, diese Muster, die im Grundschulalter oft noch recht wenig prägnant und unbestimmt sind, zu relativieren (z.B. in Bezug auf

ihre Anwendbarkeit) oder auszuschärfen. Dabei wird man sich der Erkenntnisprozesse bedienen müssen, über die Grundschüler verfügen, z.B. die bereits genannten Analogiebildungsmechanismen, wobei der genotypischen Analogiebildung eine besondere Bedeutung zukommt. Hierüber wird im folgenden anhand eines unterrichtspraktischen Beispiels weiter diskutiert werden.

Für eine ausführliche Darstellung und Dokumentation der in diesem Abschnitt beschriebenen kognitionspsychologischen Befunde verweise ich auf die Arbeit von Christiane STUCKMANN (1990).

2 Folgerungen für den Unterricht

2.1 Zum spezifisch Physikalischen im Sachunterricht

Betrachtet man die Art des Zugriffs der einzelnen Wissenschaften auf die Vielfalt des Geschehens in unserer Welt, so ist die Physik als Wissenschaft insbesondere charakterisiert durch ihre Ordnungsfunktion. Der physikalische Zugriff bringt gleichsam Ordnung in die zunächst chaotisch und zusammenhanglos erscheinenden Phänomene, denen wir tagtäglich begegnen. Die Physik legt mittels ihrer Systematik ein Raster über die Gesamtheit des Geschehens, setzt Einzelereignisse zueinander in Beziehung, spürt Zusammenhänge und regelhafte Abläufe auf und formuliert Gesetzmäßigkeiten, mit denen sie das Zustandekommen und den zeitlichen Verlauf von Ereignissen beschreibt. So wird Chaos zum Kosmos, dem "geregelten" Zusammenwirken allen Geschehens.

Diese hier etwas pointiert herausgestellte Ordnungsfunktion der Physik ist im Bewußtsein des heutigen Physikers allerdings keineswegs so ungebrochen und allumfassend. Moderne Mikrophysik und "Chaosphysik" belehren uns über die Grenzen des oben gemalten Bildes. Dennoch bleibt die ordnende Qualität ein wichtiges Charakteristikum des physikalischen Zugriffs. Das spezifisch Physikalische im Sachunterricht wird demnach darin zu bestehen haben, etwas von dieser ordnenden Qualität zu vermitteln.

Es wird also darum gehen, Beziehungen zwischen Phänomenen (insbesondere solchen, die zueinander fremd erscheinen) aufzuzeigen, Zusammenhänge herauszuarbeiten und Regelhaftes zu entwickeln. Damit ist nicht die Formulierung mathematischer Gesetzmäßigkeiten gemeint, sondern die Klärung einfacher Sachzusammenhänge, die in der Vielfalt der Erscheinungen immer wieder auftauchen. Ein Beispiel dafür wollen wir im Folgenden geben.

Dies erscheint uns besonders unter dem Gesichtspunkt bedeutsam, daß dem Sachunterricht generell eine Orientierungsfunktion zukommt. Er soll ja dem Grundschulkind in vielfacher Hinsicht erste Orientierungen in seiner Alltagswelt vermitteln, um es in dieser sachadäquat handlungsfähig zu machen. Genau in dieser Hinsicht kann der physikalische Teilbereich im Sachunterricht einen wirksamen und wesentlichen Beitrag liefern.

2.2 Beziehungsvolles Lernen im Sachunterricht

Das Prinzip des Beziehungsvollen Lernens im Sachunterricht, das ich an anderer Stelle (SPRECKELSEN 1979, S. 57ff.) ausführlicher dargestellt und begründet habe, zielt auf die Einbettung einzelner Lernereignisse (oder Unterrichtsgegenstände) in einen übergreifenden, über das einzelne Lernereignis hinausweisenden Zusammenhang (Lernkontext) ab. Dabei soll es in unserem Falle hier nur auf die lernpsychologischen Aspekte des Lehrens grundlegender Zugriffsweisen hin exemplifiziert werden. Grundlegenden Zugriffsweisen (begrifflich wie methodenorientiert) kommen nämlich in besonderem Maße Eigenschaften zu, die für einen beziehungsvollen Unterricht charakterisierend sind. Nach BRUNER (1970, S. 67ff.) sind diese:

- Das Verstehen grundlegender Einsichten macht einen Gegenstand eher begreifbar (a.a.O. S. 71).
- Das Erlernen genereller oder grundlegender Prinzipien stellt sicher, daß ein Verlust von Erinnertem nicht zu einem totalen Verlust führt, indem das Verbliebene uns instandsetzt, das Detail, wenn nötig, zu rekonstruieren (a.a.O. S. 72).

- Ein Verstehen grundlegender Prinzipien und Gedanken bildet den wichtigsten Zugang zu einem angemessenen Transfer (a.a.O. S. 72/73).

Jeder Unterricht, der Lernkontexte betont, wird diese Eigenschaften für sich in Anspruch nehmen können - wennmöglich ggf. auch in abgeschwächter Form. Entscheidend ist das Bewußtmachen der beziehungsstiftenden Elemente bei der Behandlung unterschiedlicher Phänomene (Lernereignisse).

Damit sind Analogiebildungen als Akte ordnenden Denkens definiert und in diesen Zusammenhang zu rücken. Analogiebildungen stellen Beziehungen zwischen Phänomenen her. Genotypische Analogiebildungen führen zur vereinheitlichenden Betrachtung auch phänotypisch unterschiedlicher Erscheinungen. Sie gewinnen damit den Charakter Phänomen-verknüpfender Einsichten. Je größer ihre Reichweite ist, als umso grundlegender sind sie einzuschätzen. Umsomehr können für sie Eigenschaften zur Geltung kommen, wie sie in den von Bruner formulierten Postulaten umschrieben sind. Bei der Entwicklung unterrichtspraktischer Beispiele wäre auszuloten, wie bedeutungsvoll jeweils zu bildende genotypische Analogiebildungen werden können.

2.3 Ein unterrichtspraktisches Beispiel

Der von uns ausgewählte Sachinhalt entstammt dem physikalischen Gebiet der Wärmelehre. Dabei geht es um die Ausdehnung von Luft bei Erwärmung und insbesondere um die Tatsache, daß erwärmte Luft (infolge der Wärmeausdehnung) in der sie umgebenden kühleren Luft aufsteigt, da sie bei der Erwärmung spezifisch leichter wird. Der entstehende Auftrieb kann eine Reihe interessanter Erscheinungen bewirken, die sich im Unterricht einfach behandeln (im ursprünglichen Wortsinn!) lassen.

Unsere Unterrichtseinheit "Erwärmte Luft" für ein drittes Schuljahr war in vier Doppelstunden gegliedert. Zunächst sollen die Experimente (Pänommene) geschildert werden:

1. Doppelstunde: "Zaubern mit Luft"

- Einstiegsdemonstrationsversuch: Flaschengeist (PRESS 1964)

Eine "leere" Flasche wird mit den Händen erwärmt. Ein auf der Flaschenöffnung liegendes Geldstück wird von der erwärmten Luft hochgedrückt und klappert vernehmlich.

- Schülerversuch:

Jeder Schüler hat eine Flasche und taucht sie mit der Öffnung in Seifenlösung. Beim anschließenden Erwärmen mit den Händen bildet sich eine Seifenblase, die schließlich zerplatzt. Der Vorgang kann mehrfach wiederholt werden.

- Schülergruppenversuch: Buddelthermometer (PRESS 1964)

Ein durch einen durchbohrten Korken gestecktes Glasrohr taucht in Wasser ein, das den Boden der Flasche bedeckt. Die Flasche wird mit den Händen erwärmt. Die erwärmte Luft in der Flasche drückt das Wasser im Glasrohr hoch. Der Versuch ist auch als "Liebesthermometer" bekannt.

- Schülergruppenversuch:

Über einer weithalsigen Flasche ist ein Luftballon gestülpt. Die Flasche wird abwechselnd in ein Gefäß mit heißem Wasser und in ein zweites Gefäß mit Eiswasser getaucht. Der Luftballon richtet sich abwechselnd auf bzw. wird in den Flaschenhals hineingesogen.

2. Doppelstunde: Mit erwärmter Luft kann man fliegen.

- Demonstrationsversuch:

Über eine eingeschaltete elektrische Kochplatte wird eine lange Papprolle gestülpt ("Kamin"). Bläst man (z.B. mit einem "Pustefix") Seifenblasen über den Kamin, so werden sie nach oben emporgetrieben. Ein zweiter "Kamin" mit ausgeschalteter Kochplatte zeigt diesen Effekt nicht. Die Seifenblasen fallen vielmehr in den Kamin. Alle Schüler dürfen Seifenblasen pusten.

- Schülerversuch: Heißluftballons

Auch die zweite Kochplatte wird eingeschaltet. Über die Kaminöffnungen gestülpte Plastiksäcke (Müllbeutel) erheben sich wie von Geisterhand, kippen dann aber um. Zur Stabilisierung müssen sie am unteren Rand mit Büroklammern beschwert werden. Die so entstandenen "Heißluftballons" schweben bis an die Decke des Klassenzimmers, bis sie langsam wieder nach unten kommen. Man kann fühlen, wie warm die Luft in den Beuteln ist.

3. Doppelstunde: Von der Weihnachtspyramide zur Wärmeschlange

- Einstiegsversuch:

Eine Weihnachtspyramide wird eingang gesetzt. Es wird erörtert, was für die Bewegung der Pyramide wesentlich ist.

- Demonstrationsversuche:

Ein leicht drehbar gelagertes Flügelrad wird über eine Kerze gehalten und beginnt sich zu drehen. Statt der Kerze wird die eingeschaltete Kochplatte verwendet, Ergebnis: Es kommt allein auf die Wärme bzw. die erwärmte Luft an.

- Demonstrationsversuch:

Das Flügelrad über der Kochplatte wird durch eine Papierspirale ("Wärmeschlange") ersetzt, da die Spirale leichter zu stabilisieren ist.

- Schülereinzelsversuch:

Jeder Schüler bastelt sich seine eigene Wärmeschlange (Lagerung: Gut angespitzter harter Bleistift, der am anderen Ende in einem Plastilinklumpen (als Standfuß) steckt.). Als Wärmequelle werden Teelichter benützt.

4. Doppelstunde: Ein Weihnachtskarussell für alle

- Schülergruppenversuch:

Es wird ein Flügelrad entwickelt, dessen Flügel in einem äußeren festen Rand enden, an den zur Stabilisierung Gegenstände gehängt werden können, z.B. Transparentfiguren, die dann durch die Teelichter von innen erleuchtet werden.

- Gemeinsamer Abschluß:

Es wird ein Flügelrad gebaut, das so groß ist, daß jeder Schüler der Klasse sein Transparentbild am Rand des Rades aufhängen und sein Teelicht zum Betrieb des "Karussells" unter das Flügelrad stellen kann. Die Lagerung erfolgt wieder mit Hilfe eines angespitzten harten Bleistifts, der auf einem speziellen Fuß ruht. (Die Klasse hockt im Sichtkreis um das "Weihnachtskarussell" herum.)

Der folgende Schüleraufsatz mag einen Eindruck vermitteln, wie der Versuch von den Schülern "verstanden" wird:

Das Karussell

Wie es funktioniert

Auf einem Bleistift liegt ein Windrad. An dem Windrad hängen Böroklammern. An den Böroklammern hängen Glöckchen, Sterne und Monde. Unter dem Windrad stehen brennende Windlichter durch die Wärme von den Windlichtern erwärmt sich die Luft unter dem Windrad und steigt auf. Wenn die erwärmte Luft an das Windrad erreicht hat drückt sie das Windrad zur Seite und es dreht sich.

Thomas

Die Sequenz der Versuche stellt ein vielfaches, bei weitem nicht erschöpfendes Panorama von Phänomenen zum Sachinhalt "Erwärmte Luft steigt auf" dar. Eine ganze Reihe von Weiterführungen ist denkbar, z.B. der Bau eines großen Heißluftballons durch die ganze Klasse, die Übertragung des Sachinhaltes auf Wasser (Versuch: "Unterwasser-Vulkan" (GOLDSTEIN-JACKSON 1978, S. 166), der deutlich macht, wie erwärmtes Wasser im umgebenden kälteren Wasser nach oben steigt) oder auf die Wärmeausdehnung bei festen Körpern.

Das Unterrichtsbeispiel soll andeuten, wie eine Reihe von Phänomenen in den Sachunterricht eingebracht werden kann, die

- sich um den gleichen Sachinhalt ("physikalischer Kern") gruppieren,
- den Schülern ausreichend Möglichkeiten zum eigenen Tun anbieten,
- den Schülern Alltagserfahrung erschließen ("Wo kann man den Effekt sonst noch beobachten?").

Hierbei noch nicht behandelt bleibt der Vorgang des "Schwimmens" von warmer Luft in kalter Luft (Archimedisches Prinzip). In einem vierten Schuljahr könnte dies möglich sein, was aber noch zu untersuchen wäre.

Die geschilderte Versuchssequenz soll den Schülern Möglichkeiten zur eigenen genotypischen Analogiebildung bieten und damit einen Weg zum "ursprünglichen Verstehen" (Martin WAGENSCHN) eröffnen.

Literatur

- BRUNER, J.S.: Die Wichtigkeit der Struktur. In: TÜTKEN, Hans, und SPRECKEISEN, Kay, (Hrsg.): Zielsetzung und Struktur des Curriculum. Frankfurt 1970, S. 67 ff.
- GOLDSTEIN-JACKSON, K.: Experimente - spielend leicht. Freiburg 1978
- HAGSTEDT, H./SPRECKEISEN, K.: Wie Kinder physikalischen Phänomenen begegnen. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 14 (1986), S. 318 ff.
- PRESS, H.: Spiel, das Wissen schafft. Ravensburg 1964
- SCHÄFER, K.: Zur Bedeutung von Schülervorstellungen für den Physikunterricht. In: WICKE, Erhard (Hrsg.): Wissenschaftsorientierter Unterricht in der Krise. Kassel o.J. (1985)
- SPRECKEISEN, K.: Das Prinzip des Beziehungsvollen Lernens. In: WÖHLER, Karlheinz: Didaktische Prinzipien. Begründung und praktische Bedeutung. München 1979, S. 57 ff.
- SPRECKEISEN, K.: Schülervorstellungen im Grundschulalter. *physica didacta* 13, Sonderheft 1986
- SPRECKEISEN, K.: Wie begegnen wir neuartigen Phänomenen? Entsprechungen zwischen Grundschulern und Erwachsenen. In: WIEBEL, K.H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Band L9, Alsbach 1989, S. 107 ff.
- STERN, W.: Psychologie der frühen Kindheit. Heidelberg 1967
- STUCKMANN, C.: Wie Grundschüler sich physikalische Phänomene erklären. Kassel 1990
- VIENNOT, L.: Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics, *European Journal of Science Education* (1979) 1, S. 205 ff.
- WAGENSCHIN, M.: Die pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig 1965²
- WEIN, H.: Aktives und passives Weltverhältnis in der Sprache. *Merkur* 11 (1957), S. 520 ff.
- WHORF, B.L.: Sprache-Denken-Wirklichkeit. Reinbek 1963

ZEICHNEN ALS HILFE ZUM VERSTEHEN IM SACHUNTERRICHT DER GRUNDSCHULE

Wolfgang BIESTER, Universität Münster

Meine Untersuchungen haben ihre Ursache in folgenden Mängeln:

- Zeichnen wird im Sachunterricht der Grundschule für Lernen kaum genutzt. Da die Fähigkeit, Denken durch Zeichnen zu unterstützen, unentwickelt bleibt, besitzen die meisten unserer Studenten das zeichnerische Niveau elfjähriger Schüler.
- Während Zeichnen als Medium der visuell-ästhetischen Erziehung durchgängig an allen Schulstufen unterrichtet wird und in einer umfangreichen Literatur bearbeitet wurde, wandte sich die Forschung dem sacherfassenden entwerfenden Zeichnen nur in Ansätzen zu.¹

1 Bewegungsanteil des Zeichnens

Alle Formen der Darstellung haben mit Bewegung zu tun. Einige Beispiele mögen darauf aufmerksam machen:

"Wo ist der Mond, Ina?" Das achtzehn Monate alte Kind schaut zum Himmel,

¹ Zur Kinderzeichnung: KERSCHENSTEINER (1905).

ULLRICH/KLANTE (1973); BIESTER;
MÖLLER (1988): Zeichnen wird hier als Mittel des Entwurfs technisch-konstruktiver Problemlösungen behandelt.

AEBLI (1973) weist auf den Vorzug des Zeichnens hin, weil es erlaube, sich die Beziehungen von Raum und Zeit simultan zu gegenwärtigen, halte es das Denken in der Nähe des praktischen Tuns und entferne es nicht soweit vom konkreten Fall, als dort, wo es sich ausschließlich der Sprache bediene.

dreht sich um sich selbst, bis es den Mond entdeckt, reckt sein Händchen aus und sagt betont: "Mond". Ina verfügt noch nicht über Sätze. Sie drückt den Begriffsinhalt durch Bewegungen und Gesten aus, den der sprachliche Anteil, das Wort "Mond", lediglich ergänzt.

Stefan, etwa zwei Jahre alt, wird vor der Pendeluhr selbst zum Pendel, das heißt, er verinnerlicht das Pendel durch Nachahmen seiner Bewegung.

"Ich bin jetzt Flieger, brumm, brumm," ruft Sascha, sieben Jahre alt, und läuft mit ausgebreiteten Armen im Klassenzimmer herum. Offensichtlich muß er seine Aussage motorisch und akustisch ergänzen.

Lena verfolgt die Drehung der Wellen in der Windmühle mit ausgestrecktem Arm, "und da geht das Drehen dann so (zeigt) um die Ecke." Die gestische Beschreibung hilft ihr, die Funktion "Veränderung der Drehebene" als raumzeitlichen Vorgang sprachlich zu artikulieren.

Kaspar (10 Jahre) beschreibt die Kolbenbewegung in der Dampfmaschine vorwiegend gestisch, aus seinen Worten allein würde sie nicht verständlich. (Mitgeteilt bei MÖLLER 1988, S.307.)

Diese Beispiele sollten daran erinnern, daß bis in die späte Kindheit hinein - und selbst noch bei Erwachsenen - Verinnerlichen, Beschreiben, Sich-selbst-vergewissern und Darstellen Bewegungsanteile enthalten. Bewegung verstehe ich dabei umfassend, sowohl als Muskel- wie als Wahrnehmungsbewegung, als Grob- und Feinmotorik, als Handlung und als Darstellung. Bewegung begleitet auch das Lernen von Sprache, ergänzt und präzisiert sie und drückt das Noch-nicht-Sagbare aus: Was wäre wohl Inas Mond, wenn sie stocksteif stehen bliebe und nur sagte "Mond"?

Es könnte jetzt reizvoll sein, Bewegung auf Vorstellungsbildung, Wahrnehmung und Problemlösen zu beziehen. Ich werde das nur indirekt tun, setze jedoch den Schwerpunkt bei der Verbindung zwischen Bewegen und Zeichnen. Dabei meine ich immer eher den Vorgang des Zeichnens als das Ergebnis. Ich verstehe Zeichnen nicht nur als ein Veranschaulichen auf ikonischer Ebene, sondern auch als Verinnerlichungsbewegung, als redu-

ziertes, d. h. immaterielles Herstellen, als Beschreiben und ebenso als Medium der Versprachlichung.

Ich leite meine Untersuchungen mit einer Behauptung ein:

Zeichnen ist ein strukturierender Vorgang und in besonderer Weise geeignet, technisch-naturwissenschaftliche Sachverhalte aus der Ebene des Umgangs und der Phänomene zu lösen und der theoretischen Ebene des Funktionalen und Kausalen anzunähern.²

2 Zeichnen als kognitiver Prozeß

2.1 Entwurf eines Versuchs (Kl. 3)

Im Unterricht über "Hausbau - früher und heute" fragt Judith: "Warum ist denn ein Dach aus Stroh wasserdicht? Eigentlich müßte doch der Regen durch die Strohhalme durchlaufen und ins Haus kommen." Bastian wundert sich über Judiths Frage: "Die machen das Dach eben dicht, die Dachdecker, die können das eben." Der Lehrer zeigt ein kleines Stroh Bündel vor: "Was müßten wir der Reihe nach tun, um es selbst herauszufinden, und wie könnten wir es anderen so sagen, daß sie es auch glauben und es uns nachmachen könnten? Zeichnet an die Tafel, was euch dazu einfällt!"

Sven: "So auf'n Teller legen (zeichnet 1³) und Wasser raufschütten."

Sabine zu Sven: "Du mußt die Halme nicht so kritzeln. Die muß man sehen, wie sie so nebeneinander sind, wegen dem Wasser, wie das so läuft." (zeichnet neu, 2)

Lena: "So gerade (meint 'waagrecht') ist das Dach aber nicht in Wirklichkeit. So wird das Haus naß innen, weil der Regen dann so (zeichnet mit blauer Kreide den Regen ein, 3) in die Halme, so daran vorbei, so und so rein (ins Haus) geht."

Stefan: "Das Dach ist ja schräg (zeichnet 4), so, so müssen wir es auch in den Teller halten und Wasser rauf tun."

Thomas: "Aber so grade wie bei Sven (2), wenn man das trotzdem macht, auch macht, und so wie Lena das Wasser eingemalt hat, wenn man also ausprobiert, wie es falsch ist, dann sieht man den Unterschied, und dann hat man einen Vergleich ..."

² Gemeint ist hier die "mechanische (räumliche) Kausalität", die Piaget von der "implikativen Kausalität" unterscheidet (vgl. Fußnote 4).

³ Die Zeichnungen sind am Ende des Beitrags dargestellt.

Nach den durchgeführten Versuchen berichtet Sabine: "Das Wasser rutscht so silbrig an den Halmen runter. Manchmal geht es auch an einem Halm vorbei, auf den Halm dadrunter, und dann läuft es da weiter. Deshalb muß das Strohdach dick sein, wenn es viel regnet."

Zeichnen leitet und unterstützt den oben dargestellten Dialog. Judiths Frage, die ihn auslöst, stört die bisher nicht reflektierte Hinnahme eines Stückes Realität (Strohdach) und beschäftigt die Kinder eine volle Unterrichtsstunde lang. Svens zunächst noch undifferenzierter Vorschlag "Auf'n Teller legen und Wasser raufschütten" erregt Kritik und veranlaßt Sabine und andere zu Korrekturen ("... man muß sehen, wie die Halme so nebeneinander sind, wegen dem Wasser, wie das so läuft.") Das zeichnerisch geäußerte Denken ist anschaulich, es dauert an und stellt die Distanz her, die den Kindern erlaubt, mitzudenken und Vorstellungen zu aktivieren, die sie zueinander in Beziehung setzen. (vgl. Lenas Demonstration, 3; sowie Thomas' Vorschlag: "... wenn man ausprobiert, wie es falsch ist, ... dann hat man einen Vergleich.") Auf solche Weise strukturiert sich der Entwurf eines Versuchs. Im Zeichnen, und ebenso im gestischen Demonstrieren am Gezeichneten, deutet sich die relative Nähe des Zeichnens zum Herstellen an. Offensichtlich konzentriert Zeichnen auch die Aufmerksamkeit, sowohl des einzelnen Kindes wie auch der Lerngruppe, und Aufmerksamkeit ist unerlässlich für die Beobachtungen und Schlüsse im nachfolgenden Versuch (Sabine: "Das Wasser rutscht so silbrig ...").

2.2 Zeichnerisches Erfassen von Funktionen (Kl. 4)

Beim Unterrichtsgang zur Baustelle fordert der Lehrer die Kinder auf, den Kran (unbewegt) genau anzuschauen und zu sagen, welche Teile wofür gebraucht werden.

Sven: "Der kann sich rumdrehen, dieses Lange da (meint Ausleger und zeigt waagerecht)."

Lehrer: "Das ist der Ausleger."

Philipp: "Der (Kran) hat keine Steuerkapsel."

Albrecht: "Der hat'n Steuerpult."

Tamara: "Mit dem Hochziehdings, das mit dem Haken, da zieht man die Sachen mit hoch."

Rosi: "Da unten, wo das aus Zement ist, da ist das ganz schwer (meint Gegengewichte), sonst kippt er um."

Philipp: "Das ..., der Balken mit dem Zickzack (zeigt Zickzack und meint die Verstrebungen des Auslegers), den kann man zusammenklappen. Das ist wegen dem Transportieren."

Rosi: "So zickzack sind auch die Türme da hinten (zeigt auf die Masten der Hochspannungsleitung), wo der Strom durchgeht."

In der Schule zeichnen die Kinder den Kran (Philipp, 5).

Einige Tage später, beim erneuten Besuch der Baustelle, beobachten die Kinder den Kran während der Arbeit. Der Lehrer fordert auf, genau zu beobachten, wie er sich bewegt und was dafür nötig ist.

Rosi: "Jetzt geht das da mit dem Haken ..."

Albrecht ergänzt: "Das Hochziehdings mit dem Ziehseil."

Sven: "Das zieht jetzt hoch, zu dem, was da hin und her geht."

Lehrer: "Laufkatze heißt das."

Philipp: "Dackel wäre besser, weil die immer so hin und her laufen."

Tamara: "Die kleinen Räder da oben sind dann die Beine. Nur 'nen Schwanz hat sie nicht."

Philipp: "Da geht ein Seil von weg zur Aufwicklung ..., jetzt dreht er."

Rosi: "Jetzt geht's runter, der Haken der holt was."

Albrecht: "Am Haken sind zwei Ziehseile dran."

Sven: "In dem Kasten, wo der Haken dran ist, da ist vielleicht 'n Rad drin, und da geht das Seil rum, und wenn es zieht, dann geht der Haken hoch. Der geht zur Laufkatze und dann zum Motor, der aufwickelt."

Tamara: "Jetzt hängen Steine am Haken, 'n ganzes Paket."

Die Kinder zeichnen den Kran erneut und berücksichtigen besonders seine Bewegungen: Philipps neue Zeichnung (6) zeigt - im Vergleich zu seiner früheren Zeichnung (5) - wie er sich bemüht, die Bewegungen darzustellen und auf ihre Ursachen zurückzuführen:

Die Laufkatze erhält Räder. Rolle und Seil am Lasthaken zeichnet er - nachdem er sie gestisch und räumlich in einer Art Vergewisserungsbewegung erprobt - im durchsichtigen Gehäuse (a). Längere Zeit beschäftigt ihn die

horizontale Bewegung: Er fügt bei b ein Seil an und führt dieses über eine Umlenkrolle auf die Seiltrommel. Dann bemüht er sich um die Gegenbewegung. Nach mehreren Versuchen zeichnet er c mit einem Seil, das blind endet. An dieser Stelle - ebenso der weitere Verlauf der vertikalen Bewegung bei d - findet er keine Lösung. "Vielleicht kriege ich das beim Bauen raus," sagt er und meint seinen technischen Baukasten.

Kathi, die in ihrer Zeichnung Seiten- und Draufsicht in der Form der "Umklappung" verbindet (7), läßt die horizontale Bewegung aus. "Wie das gemacht wird, das weiß ich nicht." Kathi beschränkt sich auf Heben und Senken "über Räder, so um die Ecke, damit das Seil auf die Aufwickelrolle kommt."

Das Beispiel "Kran" zeigt die Überlegenheit der zeichnerischen über die sprachlichen Äußerungen und auch, daß Bewegung die Aufmerksamkeit erhöht und zu weiteren Beobachtungen anregt. Auch die vorläufigen Bezeichnungen "Zickzackmast" und "Hochziehdings" weisen auf Bewegungen hin. Bei Philipp zeigt sich, wie der Entwurf mit Hilfe reduzierter Probehandlungen jeweils so weit fortschreiten kann, wie Vorstellungen vorhanden sind bzw. sich während des Zeichnens bilden und zueinander in Beziehung gesetzt werden.

2.3 Vom Phänomen zur Struktur (Kl. 3)

Mit Hilfe der folgenden Beispiele gehe ich der Frage nach, ob Fertigkeiten, Umgang und Vertrautheit mit den Dingen zum Verstehen beitragen, und welche Rolle Zeichnen dabei spielen kann. Ich verwende das Fahrrad, das alle beherrschen. Die Kinder sollen aus der Vorstellung nur das zeichnen, was nötig ist, damit sich das Hinterrad dreht. Die Zeichnungen 8 bis 11 zeigen die Auffassung, die bei den Kindern überwiegt: alle zeichnen das ganze Fahrrad mit Klingel, Lampe und Getriebeteilen möglichst in allen Einzelheiten, gleichwertig aufgefaßt, ohne den vom Lehrer genannten Aspekt zu betonen oder gar zu isolieren. Die meisten addieren also einzelne Teile, ohne sie funktional aufeinander zu beziehen. Nur etwa ein Drittel der Kinder erfaßt

auch die Getriebefunktion.⁴

David: "Vom Treten bewegt sich die Kette und die geht dann nach hinten."

Offensichtlich, weil der Lehrer auf dem Aspekt "Getriebe" beharrt, bekommt das Fahrrad im Bewußtsein einer zunehmenden Zahl Kinder eine sich vom Umgang ablösende Bedeutung: Den Kindern wird bewußt, daß es nicht mehr um Radfahren können, sondern um das Nachdenken darüber geht, wie Radfahren mit Hilfe eines Getriebes zustandekommt. Dieser Wechsel der Betrachtungsweise wird noch deutlicher, als ein Fahrrad in der Klasse aufgestellt und der Auftrag wiederholt wird. Auch jetzt zeichnen alle Kinder noch das ganze Fahrrad. Sie stellen noch mehr Einzelheiten dar. Gezielte Beobachtung ist allerdings unverkennbar. Einige Kinder überprüfen die Getriebefunktion am Fahrrad selbst, ehe sie weiterzeichnen. Damit verbessert sich die Darstellung der Funktionsfähigkeit bei den Jungen von 3,6 Punkten auf 4,4 Punkte und bei den Mädchen von 3,1 Punkten auf 4,3 Punkte. Auf die Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen und ihre Gründe gehe ich an dieser Stelle nicht ein (das gleiche Kind: Zeichnung 13 aus der Vorstellung; Zeichnung 14 bei Anwesenheit des Fahrrad).

3 Ergebnis

Zusammenfassend kennzeichne ich die zeichnerischen Äußerungen der Kinder und nenne die Eigenschaften, die Zeichnen zu einem hervorragenden Mittel der Auseinandersetzung und der Gestaltung machen. Damit komme ich auch auf die eingangs aufgestellte Behauptung zurück, Zeichnen sei ein strukturierendes Medium bei der Verarbeitung der sinnlich erfahrbaren Welt.

⁴ Hier bestätigen sich Untersuchungen von PIAGET zur "mechanischen Kausalität" von 1926 am Beispiel Fahrrad: Die Kinder stellten keine Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen her, sondern addierten sie lediglich (synkretische Auffassung). (PIAGET 1926; 1980, S.141; 1976, S.116-159.)

"... das Kind durchläuft im Zuge seiner Entwicklung der Raumvorstellungen eine Reihe von Stufen, welche durch verschiedene Geometrien gekennzeichnet sind ... Die räumlichen Beziehungen müssen Schritt für Schritt aufgebaut werden; das Kind empfängt sie nicht einfach passiv aus der Wahrnehmung der Dinge im Raum." (AEBLI a.a.O.)

"... Das Raumkonzept entwickelt sich in einer aktiven Auseinandersetzung des Kindes mit den darzustellenden Gegenständen und ihren Bedeutungsdimensionen. Es ist nicht vor der zeichnerischen Repräsentation da, sondern entsteht in der graphischen Realisation ..." (als operatives Schema) (RICHTER 1987, S.84).

3.1 Zum Entwicklungsstand des Zeichnens 9- bis 10jähriger Kinder:

In der Regel sind Achtjährige in der Lage, Bewegungen im Raum, also dreidimensional, darzustellen. Die realitätsnahe Auseinandersetzung mit Funktionen ist deshalb möglich. Allerdings organisieren Kinder den Raum noch nicht zentralperspektivisch, sondern als Staffelung von unten nach oben, als größer und kleiner, als Schrägbild und als Abklappung.

Eine Erhebung bei 36 Jungen und 34 Mädchen wurde nach folgenden Kriterien gewertet:

2 Punkte: Einige der für die Funktion wichtigen Elemente wurden dargestellt, jedoch nicht funktionsfähig miteinander verbunden (8, 7, 9).

3 Punkte: Alle für die Funktion wichtigen Elemente wurden dargestellt, jedoch nicht funktionsfähig miteinander verbunden.

4 Punkte: Einige der für die Funktion wichtigen Elemente wurden dargestellt und teilweise funktionsfähig miteinander verbunden (16).

5 Punkte: alle für die Funktion wichtigen Teile wurden dargestellt und funktionsfähig miteinander verbunden (11).

Die Auswertung ergab bei den Jungen einen Durchschnittswert von 3,6 Punkten, bei den Mädchen von 3,1 Punkten. 5 Punkte, also volle Funktionsfähigkeit, erhielten 16 Jungen und 9 Mädchen.

Florian, der 5 Punkte erhielt, gehört zu den wenigen, welche die Funktion sprachlich darstellen können. Während er zeichnet, beschreibt er: "Dann ist da ein Zahnrad, so, (zeigt) wo die Pedalen dran sind, und da ist die Kette rumgewickelt (zeigt den Verlauf der Kette). Die Zacken von dem Zahnrad, die gehen immer in die Kette rein (steckt die Finger ineinander). Die geht dann auch um das andere Zahnrad, da am Hinterrad, und dann dreht sich das." Während dieser sprachlichen und gestischen Beschreibung, die auch der Selbstvergewisserung dient, zeichnet Florian 12.

Lehrer: "Sind beide Zahnräder gleich groß?" Florian stutzt und vergrößert das Antriebsrad in seiner Zeichnung.

Die meisten Kinder äußern sich vor dem Zeichnen etwa so:

Lena: "Eine Trete ist oben, und dann ist die andere unten."

Lehrer: "Und wie geht es dann weiter?"

Lena: "Da ist ein Rad dran, da an den Pedalen, so mit Zacken ..., und dann dreht sich die Kette, und die geht nach hinten."

Weitere Kennzeichen des Zeichnens in diesem Alter:

Transparente Darstellungen verlieren sich. Bildelemente werden noch additiv zugeordnet und als gleichwertig beurteilt - additiv ist überwiegend auch noch die Sprache -. Die Tendenz zur Vollständigkeit verhindert vorerst noch das Hervorheben wichtiger Teile. Die Fähigkeit, Aspekte zu isolieren, entwickelt sich allerdings meist schnell, sobald die Kinder Gelegenheit zur Übung erhalten.

3.2 Meine Beispiele machen darauf aufmerksam, daß Kinder bei der Darstellung von Gegenständen und konkreten Vorgängen oft über mehr Bildzeichen als über Wörter verfügen und daß die sprachliche Beschreibung allein ihr Verständnis oft nur unzureichend wiedergibt.

Zeichnen aktiviert, selektiert und verändert Vorstellungen. Es gibt ihnen und ihrer Flüchtigkeit eine gewisse Dauer. Dadurch distanziert es den Zeichner von seinen Beobachtungen, erlaubt das Mit- und Nachdenken auch der anderen und fördert dadurch den Dialog. Es hilft, das Denken zu ordnen und zu korrigieren.

3.3 Zusammen mit der Bewegungskomponente sind es die oben genannten Eigenschaften, die Zeichnen zum hervorragenden Mittel der entwerfenden Rekonstruktion bzw. Vorwegnahme möglicher Handlungen, Versuche und Funktionen macht. Infolge seines Entwurfscharakters vermag Zeichnen das Verhältnis der Kinder zu Realität zu verwandeln; es kommt zur Veränderung der Betrachtungsweise: Das kurzschließende "Wenn-dann-Denken", das lediglich Anfangs- und Endglied einer Kausalreihe beschreibt und nicht auf Erklärung angelegt ist, erhält mit Hilfe des Zeichnens Zwischenglieder, die kausal aufeinander bezogen werden. Dieses Erfassen von Beziehungen - darauf weist bereits KROH (1963, S. 47f.) hin - erfolgt in der praktischen Anwendung bereits früher, z. B. bei Werkzeugen, durch Zeichnen aber wird es bewußt: "Erst durch Reflexion werden die bereits früher im praktischen

Gebrauch angewendeten Prinzipien in ihrer Funktion als geistige Werkzeuge erkannt, damit wird die praktische Erfahrung der Kategorien in ein theoretisch-bewußtes Erfassen überführt." Zeichnen kann also dem "Kritischen Realismus" auf die Sprünge helfen.

Die Veränderung der Betrachtungsweise zeigt sich im Fall des Fahrrades so, daß es nun nicht mehr um ein besseres Radfahrenkönnen geht, sondern um die Beantwortung der Frage, wie Radfahren mit Hilfe eines Getriebes zustande kommt. Zeichnen wird hier zu einem Schritt auf dem langen Wege zu den Regeln, Prinzipien und Gesetzen, die, wenn man sie beherrscht, auch wieder auf die Praxis zurückwirken können.

Literatur

AEBLI, H.: Psychologische Didaktik. Stuttgart 1973

BIESTER, W.: Abstraktion in Sprache und Zeichnung an technischen Sachverhalten. In: Moll-Strobel (Hrsg.): Grundschule - Kinderschule oder wissenschaftsorientierte Leistungsschule?

KERSCHENSTEINER, R.: Die Entwicklung der zeichnerischen Begabung. München 1905.

KROH, O.: Entwicklungspsychologie des Grundschulkindes. Langensalza 1963

MÖLLER, K.: Zum Denken 9-11jähriger Grundschul Kinder über Phänomene und Probleme aus Natur und Technik. Münster 1988 (unveröffentlicht).

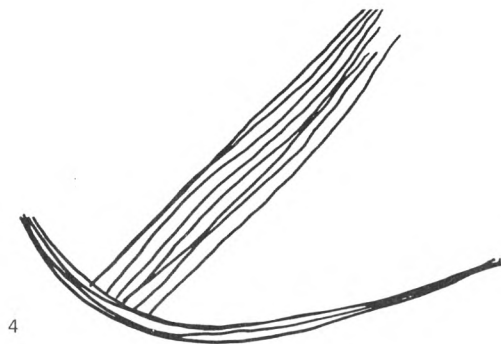
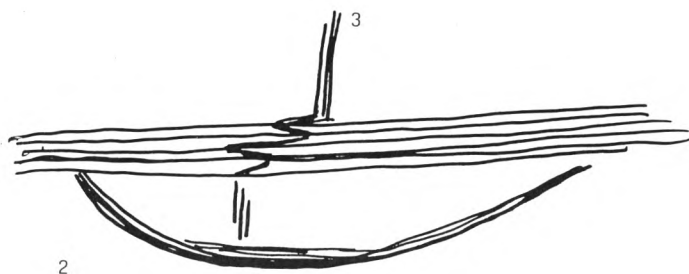
PIAGET, J.: Sprechen und Denken des Kindes. (1923) Düsseldorf 1976

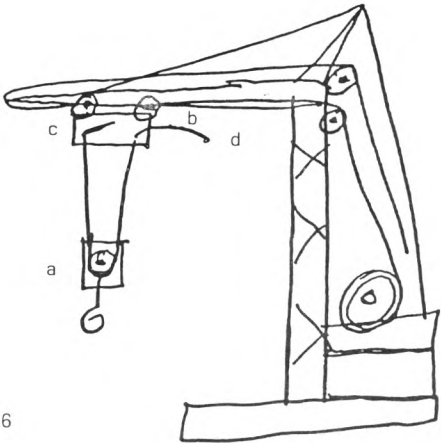
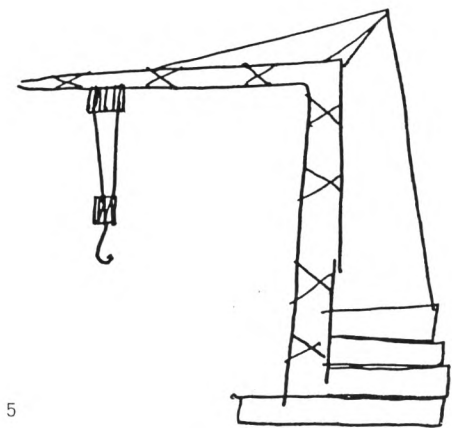
PIAGET, J.: Das Weltbild des Kindes. Franz. Erstausgabe 1926. Frankfurt a. M. 1980

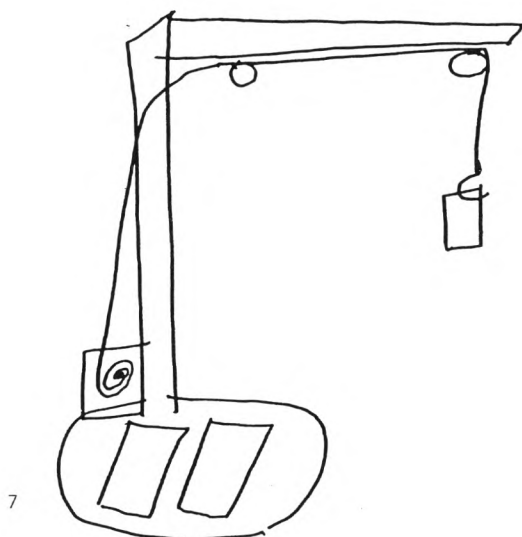
RICHTER, H. S.: Die Kinderzeichnung. Düsseldorf 1987

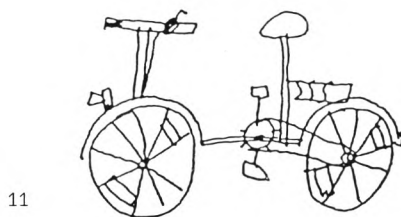
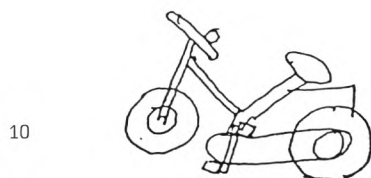
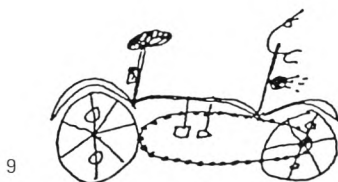
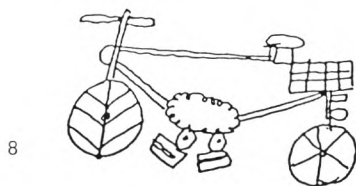
ULLRICH, H.; KLANTE, D.: Technik im Unterricht der Primarstufe. Ravensburg 1973

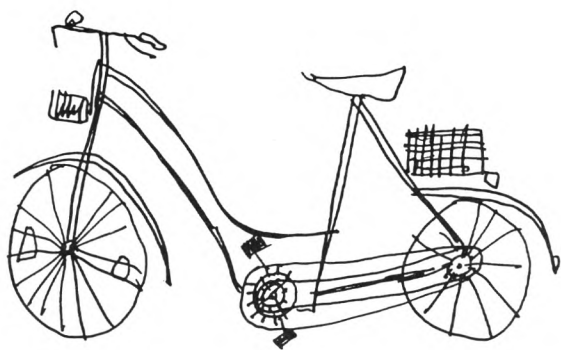
Kinderzeichnungen



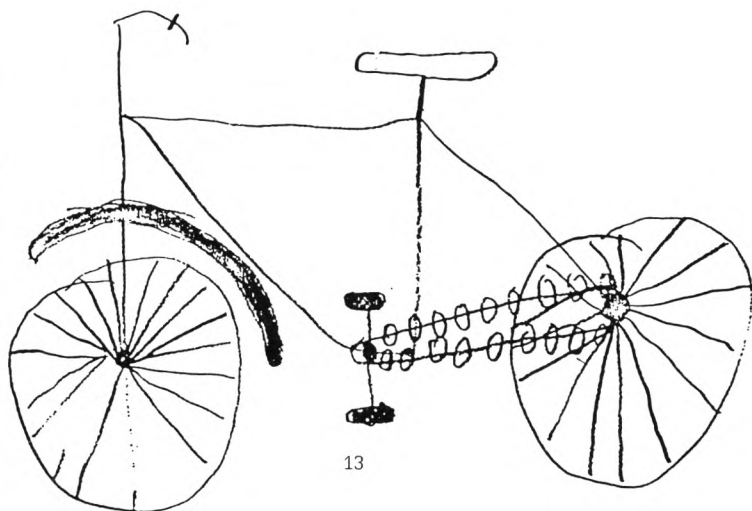




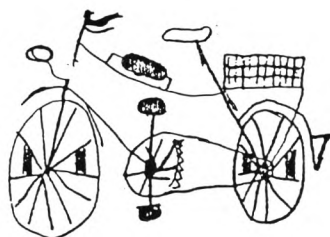




12



13



14

KONTINUITÄT ODER DISKONTINUITÄT - EINE ÜBERFLÜSSIGE DISKUSSION?

Gerhard WIESENFARTH, Pädagogische Hochschule Freiburg

Die Diskussion zum Thema Kontinuität/Diskontinuität in der Arbeitsgruppe Sachunterricht in der GDGP hat eher das Gegensätzliche betont. Die schriftlichen Darstellungen (LÖFFLER 1985, KÖHNLEIN 1985) geben ein differenzierteres Bild. Unter anderem zeichnen sich darin auch erste vermittelnde Positionen ab. Im folgenden soll im Zusammenhang mit didaktischen Erwägungen das Ineinander von Kontinuität und Diskontinuität hervorgehoben werden.

1 Die Position Gerhard Löfflers (1985)¹

Die "Kontinuitätsthese" zeigt sich zugespitzt in der Vorstellung, Lernen geschehe auf einem "bruchlosen Weg" als "gleichmäßige Entwicklung". Das schließt insbesondere ein: Lernen erfolgt in einem Verlauf, wie er etwa durch die Entwicklung der Wissenschaft vorgezeichnet ist²; Lernen vollzieht sich auf dem "Wege einer Präzisierung" (S. 40) des Alltagswissens.

Die "Kontinuitätsthese" ist unzulänglich, sie betont die Einheitlichkeit der Vorgänge zu stark und verallgemeinert vorschnell. Dadurch verdeckt sie gleichzeitig zwei Sachverhalte, die für didaktische Bemühungen bedeutsam sind: (1) Schüler der Grundschule verlassen bei der Beschäftigung z. B. mit dem Thermometer "nicht den Horizont einer lebensweltlichen Erfahrung"

¹ Seitenangaben zu LÖFFLER (1985) stehen in diesem Abschnitt in Klammern.

² Die Entwicklung der Wissenschaft wird global als kontinuierlicher Verlauf aufgefaßt. Die Thesen von Thomas S. KUHN bleiben unbeachtet. Sie befassen sich mit dem "Paradigmenwechsel", mit dem Wechsel der Leittheorien für die Erklärung von Phänomenen. (Vgl. KUHN (1962) 1973, dazu auch STEGMÜLLER 1975, S. 484-534.)

(S. 41). Es bleibt bei einer "Verständigung über Nutzen und Verwendbarkeit von Thermometern in der Alltagswelt" (S. 43). (2) Physik lehren heißt nicht, "Präzisierung lebensweltlichen Könnens zu betreiben. Physik hat einen anderen Verständnis-, Erfahrung- und Könnenshorizont als die Lebenswelt" (S. 41). Folglich stellt sich die Aufgabe, die "lebensweltliche Hinsicht" (S. 42) in eine "fachliche Hinsicht" zu überführen.

Die Unterrichtserfahrungen mit dem Thermometer zeigen jedoch, daß trotz gezielten Bemühens ein "Durchbruch" bis zu einer "Art physikalischen Denkens" (S. 42) von den Grundschülern nicht vollzogen werden kann. Das hat Gründe: (1) die Thermometerversuchsanordnung zeigt von sich aus in ihrer äußeren Gegenständlichkeit nicht an, in welcher Hinsicht sie zu betrachten ist; (2) "die Untersuchung der Ausdehnung (beim Thermometer) erfordert den Volumenbegriff und andere ... geometrische Begriffe" (S. 42).

Der Sachunterricht verbleibt also in der lebensweltlichen Hinsicht, erst "der Fachunterricht wird dem Lernenden die fachliche Hinsicht in einführender Verständigung durch Beispielverstehen eröffnen" (S. 43). Die Aufgabe des Sachunterrichts in diesem Zusammenhang ist es, "Material für das fachliche Beispielverstehen" (S. 43) zu schaffen.

2 Die Position Walter Köhnleins (1985)³

Köhnlein versteht Löfflers Position als Beitrag zu einer "phänomenologischen Didaktik" (S. 46). Er akzeptiert, daß "Natur" in der "Grundschule und Orientierungsstufe" nicht "in physikalischer Hinsicht in den Blick" kommt, "auch nicht ansatzweise" (S. 47). Voraussetzung dabei ist jedoch, daß die "neuzeitliche Physik" im Sinne von REDEKER, LÖFFLER u. a. als Orientierung dient. "Neuzeitliche Physik" heißt dabei: (1) "Die Aussagen der Physik gründen auf einem mathematischen Entwurf der Natur, in dem der kausalgesetzliche Zusammenhang idealer Objekte als eigentliche Wirklichkeit 'vermeint' wird." (2) Und erst in dieser Hinsicht, die sich nicht durch einen "kontinuierlichen Übergang" aus der lebensweltlichen Hinsicht erreichen läßt, zeigt sich der Gegenstand der "neuzeitlichen Naturwissenschaft" (REDEKER 1979, S. 114, 133).

³ Seitenangaben zu KÖHNLEIN (1985) stehen in diesem Abschnitt in Klammern.

KÖHNLEIN orientiert sich jedoch an der Physik als Erfahrungswissenschaft. Unter diesem Blickwinkel erscheinen Teile des Sachunterrichtes in einem anderen Lichte. Unterrichtsprotokolle decken "Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens" (S. 47) auf und belegen, daß es möglich ist, "Schritte" in "Richtung" zur Physik zu gehen. Sie werden als erste "Annäherungen" gewertet (S. 47, 49).

Das Kontinuitätsprinzip soll vorrangig im "Prozeß des Verstehens" und beim "Aufbau des Curriculums" (S. 49) wirksam sein. Insbesondere sollen dabei "Brüche" zwischen "Lebenswelt und Wissen, zwischen Kognition und Emotion und zwischen Alltagshandeln und wissenschaftlicher Methode" (S. 49) vermieden werden. Speziell für den Sachunterricht folgt hieraus: Der Sachunterricht

"greift Phänomene, die in der Lebenswelt der Schüler als Basis weiterführenden Verstehens bedeutsam sind, in exemplarischer Auswahl auf und versucht Ansätze einer Klärung und Erklärung" (S. 50).

Die mathematischen Prinzipien treten erst "allmählich hinzu" (S. 50). Nur so entsteht eine "Kontinuität des Erkenntnisprozesses zwischen Erlebnis und Abstraktion", wie sie Martin WAGENSCHNIEDER fordert (1975, S. 36).

3 Kontinuität, Diskontinuität - Gegensatz und Beziehung

Um nicht vorschnell in das Netz der kontroversen didaktischen Überlegungen hineingezogen zu werden, seien zunächst allgemeinere Anmerkungen vorangestellt.

3.1 Kontinuität entsteht durch (hohe) Einheitlichkeit; sie zeigt sich insbesondere im stetigen, bruchlosen Fortbestehen, in den fließenden Übergängen ohne Grenze. Diskontinuität entsteht durch (starke) Unterschiede; sie zeigt sich insbesondere im Unstetigen, im Unterbrochenen, im sprunghaften Übergang.

3.2 Das Zusammenspiel von Kontinuität und Diskontinuität tritt zutage, wenn die Begriffe auf (statische) Strukturen und Vorgänge bezogen werden.

Bei Strukturen zeigt sich die Kontinuität primär innerhalb des Ganzen, innerhalb der Teile und Elemente, und zwar im jeweiligen inneren Zusammenhang. Der Zusammenhang beruht auf einem bestimmten Maß an Einheitlichkeit. Die Diskontinuität zeigt sich primär in der Unterteilung; Ganzheiten, Teile, Elemente werden dadurch begrenzt. Sie erhalten eine (beschränkte) Eigenständigkeit oder Gegenständlichkeit.

Durch Kontinuität werden Grenzen zwischen Ganzheiten, Teilen, Elementen abgeschwächt, die Beziehungen zwischen den Gebilden werden intensiviert. Durch Diskontinuität dagegen werden diese Beziehungen abgeschwächt.

Strukturen oder Gefüge mit einem inneren Zusammenhang kann es nur geben, wenn kontinuierliche und diskontinuierliche Momente zusammen wirksam sind. Das gilt auch für Vorgänge, wenn von den Extremfällen abgesehen wird. Fließende Übergänge liegen vor, wenn sich etwas allmählich verändert. Primär ist dabei, daß im neuen Zustand etwas vom alten enthalten ist. Sprunghafte Übergänge sind mit qualitativen Veränderungen verknüpft; allgemein wird etwas ausgeschieden und gleichzeitig neu aufgenommen (Abb. 1).

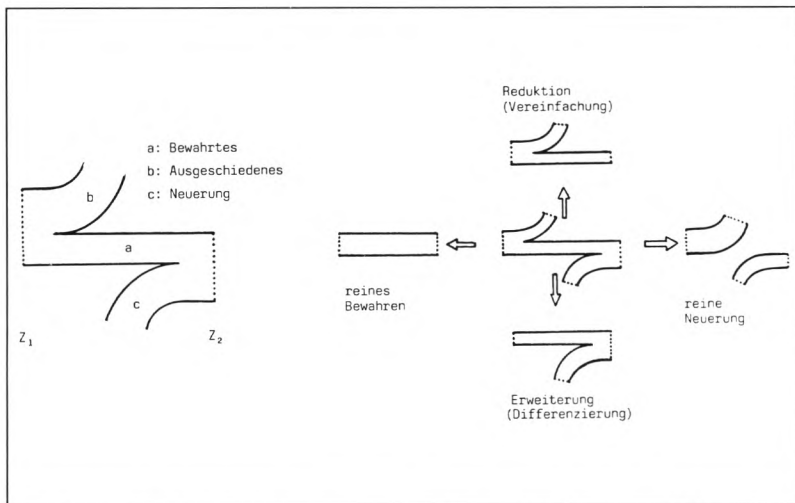


Abb. 1: Grafische Darstellung eines Vorganges zwischen den Gefügezuständen Z_1 und Z_2 als Ineinander von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Momenten. Die Bewegungen zu den Extremfällen sind rechts angegeben.

Aber solche Bestimmungen müssen noch ergänzt werden. Sie verlieren dadurch weiter an Eindeutigkeit, erweitern jedoch gleichzeitig das Blickfeld auf der Basis der Begriffe Kontinuität und Diskontinuität.

Veränderungen sprunghafter Art können sich auf Teilvorgänge beschränken. Dann erfährt das Ganze noch nicht notwendig ebenfalls eine solche Veränderung, allenfalls eine kontinuierliche. Erst wenn zentrale Teile oder eine hinreichende Zahl von Teilen betroffen sind, wirkt sich dies auch bei einem Ganzen als sprunghafte Veränderung aus.

Ein besonderer Fall ist gegeben, wenn kontinuierliche Veränderungen sich zunächst auf Teilbereiche eines Gefüges beschränken, aber dadurch auch in den übrigen Bereichen Veränderungen induziert werden, so daß schließlich eine diskontinuierliche Änderung des Ganzen ausgelöst wird (vgl. Beispiel Abb. 2).

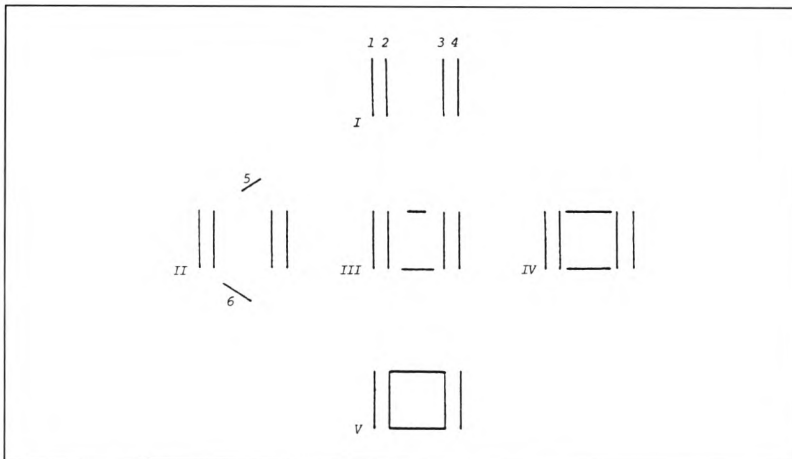


Abb. 2: Steigerung des Zusammenhanges der Elemente 5 und 6 mit den übrigen, dargestellt in fünf Stationen (I: kein Zusammenhang, II wenig, III mehr, etc.).⁴ Die allmähliche Steigerung bewirkt einen Umschlag beim Gliedern des Gesamtgefüges.

⁴ Wie die Steigerung des Zusammenhanges zwischen den Linienelementen im einzelnen zu messen ist, übersteigt den Rahmen dieser Darstellung.

Die allmähliche Steigerung des Zusammenhanges der Linienelemente 5, 6 mit den Elementen 1, 2, 3, 4 wirkt sich zunächst nur begrenzt auf das Ganze aus: Die ursprüngliche Gestalt I ("zwei Bänder") bleibt im Zustand II und III noch erhalten, sie bekommt lediglich einen Zusatz. Im Zustand IV setzt eine Destabilisierung ein, die ursprüngliche Gestalt wird aufgelöst, und die Elemente 5, 6 verlieren die Eigenschaft, Zusatz zu sein. Dadurch entstehen konkurrierende, diskrete Zustände; Fluktuation tritt ein bei der Gliederung des Gesamtgefüges im Zustand IV. Wechselweise zeichnen sich zwei Gestalten ab: einerseits "zwei Bänder mit Zusatz" oder die neue Gestalt "Quadrat mit flankierenden Linien" andererseits. Mit dem Zustand V wird schließlich eindeutige Dominanz erreicht; der zweite diskrete Zustand setzt sich durch: das Liniengefüge wird nur noch als Quadrat mit Zusatz gegliedert.⁵

3.3 Die vorangehenden Darstellungen setzen unausgesprochen voraus, daß Ausschnitte in der Betrachtung gebildet werden. Einige solcher Perspektiven sollen jetzt deutlicher bezeichnet werden. Zunächst zur Makro- und Mikrobetrachtung sowie deren Schichtung.

Erweitert man eine zuvor feste Ausschnittbildung zur Makrobetrachtung, so werden längere Abfolgen an Vorgängen sichtbar. Der ursprüngliche Vorgang wird zum Teil. Verengt man hingegen den Ausschnitt auf einen Teilvorgang, werden in der Mikrobetrachtung kleinere innere Abläufe sichtbar. In beiden Fällen treten unter den (größeren und kleineren) Ganzheiten mehr oder weniger deutlich dessen Teilvorgänge zutage. Damit ist eine hierarchische Schichtung gegeben. Das sei an zwei Fällen in bezug auf das Zusammenspiel kontinuierlicher und diskontinuierlicher Momente erläutert.

1. Fall: Die erweiterte Betrachtung deckt eine Abfolge von Vorgängen auf. Die Abfolge stellt insgesamt gesehen eine Entwicklung dar (1. Schicht), sie basiert jedoch auf kleineren diskreten Schritten (2. Schicht). Die Kontinuität des Gesamtprozesses wird durch eine größere Zahl mehr oder weniger kleiner Sprünge getragen. In diesem Falle liegt also - abgekürzt gesagt - eine Kontinuität von Diskontinuitäten vor.

⁵ Solche Umstrukturierungen untersucht mit naturwissenschaftlichen Methoden die Synergetik. (Vgl. etwa HAKEN (1981) 1984).

2. Fall: Konzentriert sich die Betrachtung auf einen einzigen Vorgang, z. B. auf einen sprunghaften, dann zeigt sich, daß auch diese Diskontinuität (1. Schicht) durch einen inneren Ablauf über verschiedene Stationen zustande kommt (2. Schicht). Eine Analyse solcher inneren Abläufe deckt im allgemeinen immer auch kontinuierliche Komponenten auf; der sprunghafte Übergang enthält Kontinuitätsmomente.

Vereinfachende und differenzierende Perspektiven sind mit den Fern- und Nahsichten gegeben. Die vereinfachende Fernsicht vermittelt nur ein angenähertes Bild. Feinere Unterschiede werden eingeebnet, so daß z. B. manche der diskontinuierlichen Übergänge als kontinuierliche erscheinen. Begnügen wir uns aus praktischen Erwägungen mit Annäherungen, dann lassen sich diskontinuierliche Vorgänge durch kontinuierliche darstellen und umgekehrt. Welcher Annäherungsgrad im einzelnen gewählt wird oder welcher Fehler dabei gerade noch akzeptabel ist, läßt sich nur in der praktischen (Analyse-) Situation entscheiden.⁶

4 Nicht nur objektiv, nicht nur subjektiv

Die Interpretationsmuster auf der Basis von Kontinuität und Diskontinuität, in sich vielgestaltig und dadurch zur Uneindeutigkeit neigend, verleiten dazu, Zuflucht bei empirischen und exakten naturwissenschaftlichen Verfahren zu suchen. Wer dem folgt, wird sich früher oder später mit den Verfahren der Feststellung befassen müssen, mit den Wahrnehmungs- und Meßvorgängen; in beiden gibt es das Problem der Schwellen (wie übrigens auch bei jeder Klassifikation).

4.1 Was zum Beispiel das Auge sieht, kommt letztlich durch erfaßte Unterschiede zustande. Zu kleine und zu langsame Unterschiede können nicht aufgenommen werden. Deshalb ist das, was wir wahrnehmen, durch eine Schwelle bedingt. Unterschiede, die unter der Schwelle bleiben, können nicht erfaßt werden (vgl. etwa BATESON (1979) 1982, S. 40, 41, 71f., 120f.).

4.2 Im Meßvorgang wiederholt sich diese Problematik modifiziert: Einerseits können nicht beliebig viele Meßwerte festgestellt werden; andererseits gibt es

⁶ In der Informationstechnik werden z. B. solche Annäherungen benutzt: digitale Signale werden in analoge transformiert (und umgekehrt).

auch hier noch einen Rest an Unbestimmtheit bezüglich der Höhe des Meßwertes: Meßinstrumente haben eine "endliche Auflösungsschärfe". Das hat Konsequenzen: So läßt sich zum Beispiel "der kontinuierliche Charakter eines Signals wegen der stets endlichen Auflösungsschärfe der Meßinstrumente durch kein noch so feines Meßverfahren verifizieren" (vgl. MEYER-EPPLER 1969, S. 10).

4.3 Werden solche Probleme als geringfügig erachtet, dann bleibt immer noch bestehen, daß alle Wahrnehmungs- und Meßprozesse wie alle Klassifikationen in ein sinnorientiertes Vorgehen eingebunden sind. Ein spezifisches Vorverständnis leitet, wie im einzelnen wahrgenommen und gemessen wird, welche Merkmale in die Analyse einbezogen werden und welche Unterschiede dabei als relevant gelten sollen. Wir richten uns schon immer nach Gesichtspunkten und wählen aus; wir entscheiden uns für Methoden und Hinsichten. Deshalb gibt es nicht den Sprung in der Sache selbst. Erst Auswahl und Methode lassen die Sache erscheinen; die Resultate bleiben an das sinnorientierte Vorgehen gebunden.

In erster Linie geht es nicht um die Frage, ob etwas (losgelöst) wahr oder falsch ist. Entscheidend ist vielmehr, was zweckmäßig ist, was uns aktiviert, wenn wir bemüht sind, Lernprozesse in der Schule zu fördern.

Ehe in didaktischem Zusammenhang auf einige der Interpretationsmuster zur Kontinuität und Diskontinuität zurückgegriffen wird, soll deutlicher herausgestellt werden, was REDEKER unter "physikalischer Hinsicht" versteht.

5 Die "physikalische Hinsicht" als "Sprung"

Den primär erfahrungswissenschaftlich orientierten Physikdidaktikern hält REDEKER (mit Edmund HUSSERL) vor, die "neuzeitliche Physik" werde unter einer spezifischen Einstellung oder Hinsicht betrieben. Sie manifestiere sich darin, daß die Natur insgesamt und von Anfang an als "mathematischer Entwurf" in Erscheinung tritt, so daß "das sinnlich Gegebene als Bekundung ideal-exakter Objekte aufzufassen ist" (REDEKER 1979, S. 92). Diese Einstellung unterscheidet sich von jener im Alltag, die durch das Besorgen geprägt ist. Sie suspendiert den Zweifel, und das sinnlich Gegebene wird als

gegenständlich, als fraglos gegeben hingenommen.

Solche Unterschiede in den Hinsichten müssen auch didaktisch bedeutsam sein, zumal es "keine hinsichtsfreien" Erfahrungen und Erkenntnisse gibt (REDEKER 1979, S. 115). Die Hinsicht beschränkt nicht, sie kann nicht überwunden werden wie ein Mangel. Sie ermöglicht erst den Vorgang der physikalischen Erkenntnis im neuzeitlichen Sinne von Anfang an. Deshalb sind "die sinnlichen Gegebenheiten ... nicht der Anfang der Physik", vielmehr werden die Phänomene erst unter "Leitung einer Idee" gesehen (REDEKER 1979, S. 113). Die mathematischen Modelle richten die Analysetätigkeit aus und damit auch die Wahrnehmung und den Aufbau des Experiments. Erst in dieser Ausrichtung treten die Phänomene zutage. Zusammengefaßt heißt dies: der Gegenstand der Physik wird dadurch erst konstituiert (REDEKER 1979, S. 286).

5.1 Um diese Zusammenhänge plastischer hervortreten zu lassen, zitiert REDEKER eine Dichotomie: die Physik vom Typ Aristoteles einerseits und vom Typ Galilei andererseits. Vereinfacht lassen sich vier Stationen gegenüberstellen:

Aristotelischer Typ

1. Die Natur besteht an sich, sie ist von selbst "daseiend".
2. Sie ist die Quelle der Phänomene, die zuerst erfaßt werden.
3. Im Experiment sind Je-desto-Beziehungen oder Meßreihen feststellbar;
4. mit Hilfe der Mathematik lassen sich Regelmäßigkeiten herausfiltern, keine Gesetze.

Galileischer Typ

1. Der Gegenstand der Naturwissenschaft ist "vorrangig entworfen als mathematischer Zusammenhang".
2. Dieser Entwurf richtet aus und bringt dadurch die Phänomene erst zur Erscheinung.
3. Auch das Experiment wird dadurch ausgerichtet, es isoliert Teilbereiche;
4. bei Übereinstimmung mit dem mathematischen Entwurf resultieren schließlich Gesetze.

Ich lasse den Unterschied zwischen Regel und Gesetz hier beiseite und verweise nur noch auf die Rolle der Mathematik. Im ersten Typ dient die Mathematik primär zur Darstellung vorgängiger Erfahrung, im zweiten hat sie eine bedeutsamere Rolle: Sie gewinnt den Charakter eines Aufnahmeorgans. Dieses erst ermöglicht das Erfassen. Auf diesen Unterschied muß ich zurückkommen, wenn es um didaktische Konsequenzen geht.

5.2 Die Gegenüberstellung von erfahrungswissenschaftlicher und theoretischer Einstellung findet sich modifiziert und noch zugespitzt wieder, wenn es darum geht, die Geometrie zu begründen. Der Aristotelismus vertritt die Auffassung, die geometrischen Gebilde seien "Abstraktionen der Wirklichkeit"; der Platonismus sieht in den geometrischen Gebilden Ausprägungen "präexistenter Ideen" (FREY 1967, S. 39). Diese Ideen liegen aller Wahrnehmung immer schon zugrunde.

5.3 Da schon immer eine Hinsicht praktiziert wird - die lebensweltliche - bedarf es eines "Umschlages" oder einer spezifischen Umstrukturierung, um die physikalische Hinsicht einzunehmen. REDEKER (1979, S. 289) bemerkt hierzu:

"Bei der ... offengelegten fundamentalen Verschiedenheit von lebensweltlicher und physikalischer Hinsicht kann physikalisches Verstehen nur allein in Diskontinuität erfolgen".

Die alleinige Betonung der Diskontinuität wird noch verstärkt durch REDEKERS Kritik an den Entwicklungsvorstellungen WAGENSCHAINS und PIAGETs (vgl. Absatz 7). Das erscheint einseitig.

Aber REDEKER widmet sich auch der didaktisch bedeutsamen Frage, wie ein solcher Wechsel der Hinsichten anzubahnen sei. Er verweist damit indirekt auf kontinuierliche Momente des Prozesses, der insgesamt gesehen begründet als "Sprung" bezeichnet wird. Die Arbeitsgruppe Sachunterricht hat diesen Teil der REDEKERArbeit nur wenig beachtet. Da diese Arbeit pointiert die Unterschiede zu traditionelleren Didaktiküberlegungen herausstellt, ist dieser Teil auch leicht zu übersehen, zumal der Begriff der Kontinuität in diesem Zusammenhang nicht fällt.

6 Anbahnung der physikalischen Hinsicht

Ausgangspunkt der Überlegungen zur "Anbahnung" des Sprungs ist bei REDEKER (1979, S. 356) die Frage: Wie kann eine "Verständnis erst eröffnende Verständigung" ermöglicht werden? Da das äußerlich Gegenständliche, wie es beispielsweise im Experiment vor einem steht, die Hinsicht nicht direkt enthält, gibt es keinen kurzen Weg, die Hinsicht zu erwerben. Mit Recht verweist REDEKER darauf, daß die Hinsicht nicht äußerlich ablesbar, nicht vorzeigbar, nicht durch Entschluß eingenommen werden kann. Die "Anbahnung" ließe sich leichter vollziehen, gäbe es eine Annäherung an die Hinsicht, indem falsche Vorstellungen abgebaut werden. Aber gerade dies trifft nicht zu (REDEKER 1979, S. 357).

Die "Anbahnung" kann hier nicht in ihrem möglichen Verläufen geschildert werden. Drei fördernde Punkte sollen aber herausgegriffen werden.

(1) Es bedarf des produktiven Denkens, angestoßen durch Ratlosigkeit, durch "Verlust der Voraussicht", durch "Erschütterung des Vertrauten" (REDEKER 1979, S. 358). Erst das Erleben des Widerständigen, des Widersprechenden, aktiviert, legt aber für sich genommen noch nicht ein anfängliches Aufnehmen der physikalischen Hinsicht nahe.

(2) Die "aporetische Situation" muß durch Einzelnes, Besonderes, durch einen eigenständigen Inhalt getragen sein. Die vom Lehrer fallartig präparierte Situation, darauf angelegt, das Allgemeine nahezu legen, ist hier zu wenig aktivierend.

(3) In dem Bemühen, die besondere, aporetische Situation aufzulösen, liegt eine Chance, den "Sprung" zu vollziehen. Allerdings setzt dies voraus, daß der besondere Unterrichtsinhalt einen Verweis in dieser Richtung enthält. Verweise werden jedoch nur erfaßt, wenn hinreichend differenzierte "Wissenshorizonte" zuvor aufgebaut wurden.

7 Der "Sprung" als Genese: Ineinander von diskontinuierlichen und kontinuierlichen Momenten

Die "Verständnis erst eröffnende Verständigung" ist ein äußerst fragiler Prozeß, so fragil, daß Bedenken entstehen, ob ein Unterricht in "physikalischer Hinsicht" im Sinne REDEKERs überhaupt zustande kommt. Gerade weil dieser Prozeß so fragil ist, benötigt er eine Basis: Er kommt nicht naturwüchsig in Gang, nicht ohne Lernen, nicht ohne vorgängige breitgefächerte Differenzierung, nicht ohne vorgängigen Aufbau von Wissen noch ganz in der lebensweltlichen Sphäre. REDEKER selbst lenkt die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt. Er fordert die "Thematisierung lebensweltlicher Bewandniszusammenhänge", um die Basis der Ideation zu bereiten.

"Die 'außerwissenschaftliche' Thematisierung ursprünglicher Erfahrungen von Licht, Strom, Druck, Bewegung usw. erscheint ... als eine Voraussetzung dafür, daß der Lernende die Hinsicht auf den physikalischen Gegenstand aufnehmen kann und nicht zwangsläufig in gewohnte Verstehenshorizonte zurückfallen muß" (REDEKER 1979, S. 373).

Klären wir also "merkwürdige" Erfahrungen des Alltags im Sachunterricht auf, betreiben wir Physik in aristotelischer oder erfahrungswissenschaftlicher Einstellung, so wird bei aller Distanz zur "physikalischen Hinsicht" doch letztlich auch an einer Hinführung zum "Sprung" gearbeitet. Es wird in kleinen Differenzierungsschritten ein lebensweltlich zentriertes Wissen aufgebaut. Unter dem Gesichtspunkt der Schichtung, wie er im Absatz 3.3 dargestellt wurde, müssen (mindestens) neben dem Gesamtaufbauprozess auch noch seine Teilphasen beachtet werden. Betrachten wir im Aufbauprozess die kurzen Teilphasen, so zeigen sich primär sprunghafte Übergänge in den Veränderungen beim Wahrnehmen, Handeln und Wissen; betrachten wir den Gesamtprozess, so zeichnet sich eine Entwicklung ab mit primär kontinuierlichem Verlauf. Im Hinblick auf die kurzen Teilphasen bemerkt Gregory BATESON:

"Eine Welt des Sinnes, der Organisation und der Kommunikation ist nicht ohne Diskontinuität, ohne Schwellen verständlich" (BATESON 1982, S. 251).

Das schließt jedoch nicht aus, daß längere Verläufe im Prozeß des Verstehens (in denen viele kleine, diskontinuierliche Teilphasen enthalten sind) insgesamt gesehen primär kontinuierlichen Charakter aufweisen. Im Prozeß der Problemlösung beispielsweise taucht die (Einzel-)Einsicht plötzlich auf. Bei

komplexeren Problemen ist es jedoch meistens erforderlich, mehrere Teileinsichten zu finden. Dadurch entsteht eher ein "kontinuierliches Nacheinander" im Lösungsprozeß (vgl. JOERGER 1976, S. 42).

Das in lebensweltlicher Hinsicht erworbene Wissen geht in den Unterricht ein, der sich direkter um die "Anbahnung" der "physikalischen Hinsicht" bemüht. Es prägt das Vorverständnis in der Anbahnungssituation und damit auch das Erfassen von Widersprüchen und die Wahrnehmung von Verweisen in Richtung auf einen "Sprung". So erst wird eine Bedingung für den Wechsel der Hinsicht erfüllt.

In der pädagogischen (Detail-)Sicht hat der vollzogene "Sprung" selbst eine (Kurz-)Genese (vgl. Modell Abb. 1). Im "Sprung" wird etwas zurückgelassen und Neues aufgenommen. Darin zeigt sich das produktive und diskontinuierliche Moment: die Alltagseinstellung des Besorgens und Bewältigens wird zurückgelassen, die "physikalische Hinsicht" "unter Leitung der Idee" sprunghaft aufgenommen (REDEKER 1979, S. 104). Aber die dabei erforderliche inhaltliche Basis, an der dies beispielhaft und problemlösend vollzogen wird, bildet ein kontinuierliches Moment. Der vollzogene "Sprung" läßt nicht alles hinter sich, wenn auch vieles durch das Neue und neben dem Neuen ein anderes Vorzeichen oder eine andere Tönung erhält.

Im Hinblick auf die physikalischen Begriffsbildungen spricht auch REDEKER indirekt das Ineinander diskontinuierlicher und kontinuierlicher Momente an:

"Physikalische Begriffe sind die nachträgliche Bestimmung des in lebensweltlicher Hinsicht Erscheinenden, zuvor Erfahrenen, doch derart, daß das Bestimmte, die gleichförmige Bewegung etwa, in der Erfahrung niemals vorkommt" (REDEKER 1979, S. 129).

Die Idealisierung, wie sie sich im "Beispielverstehen" etwa in bezug auf die Gleichförmigkeit vollzieht, bleibt letztlich an Voraussetzungen, an bestimmte inhaltliche Merkmale des Beispiels, etwa an die Bewegung überhaupt gebunden; nur dann läuft sie nicht leer.

8 Lernentwicklung als reine Kontinuität?

Eine unnötige Verschärfung in der Diskussion bewirkte REDEKERs Kritik an Martin WAGENSCHNEN und Jean PIAGET.

8.1 Beide betonen nach REDEKER in der globalen Betrachtung der Lernentwicklung das Kontinuierliche. Damit bleibt der Unterschied "zwischen lebensweltlicher und physikalischer Hinsicht" ausgeschlossen (REDEKER 1979, S. 293). Dagegen wendet sich REDEKER eigentlich: Für ihn gibt es kein "behutsames Erwecken der physikalischen Haltung aus den ursprünglichen Phasen des kindlichen Naturverhältnisses", wie es Wagenschein anstrebt (zitiert nach REDEKER 1979, S. 296). Ist dieses Bemühen um "Kontinuität" vom "ursprünglichen Denken" zum "Verstehen" der Physik (WAGENSCHNEN) erfolgreich, dann ist dies für REDEKER nur ein Beleg, daß dieser Weg in der "lebensweltlichen Hinsicht" verbleibt (REDEKER 1979, S. 296).

Das ist aus der Perspektive REDEKERs richtig. Aber didaktische Überlegungen erfordern einen weiteren Blickwinkel, der beachtet, wie die Vorgänge hierarchisch geschichtet sind (vgl. Absatz 3.3). Dann zeigt sich:

(1) Für die "Umwendung" der lebensweltlichen Hinsicht in eine "theoretische" bedarf es gerade jener Entwicklung, die beim kindlichen Naturverständnis einsetzt. Sie gilt es zu fördern, und WAGENSCHNEN hat dazu fruchtbare Anregungen gegeben.

(2) Jene Entwicklung, die noch in der lebensweltlichen Hinsicht verbleibt, erscheint nur insgesamt gesehen als ein kontinuierlicher Vorgang; letztlich beruht auch eine solche Entwicklung auf diskreten Zuständen im Kleinen. Es gibt nicht nur den einen "Sprung"; es gibt auch weniger weitreichende sprunghafte Übergänge, etwa im Vorgang der Akkommodation innerhalb der Wahrnehmung, beim Einsatz eines neu aufgebauten Handlungsschemas, im Vorgang der plötzlichen Einsicht, wodurch ganze Wissensbereiche in einem anderen Lichte erscheinen (vgl. JOERGER 1976, S. 47 ff.).

8.2 REDEKER kritisiert ebenso die Intelligenzentwicklung, wie sie von PIAGET dargestellt wurde. Er sieht darin allein eine kontinuierliche Entwicklung, die bei der "sensomotorischen" Aktivität beginnt, ihre bruchlose Vollendung im "formalen Denken" findet und somit dem Wechsel der

Hinsichten keinen Platz einräumt. Aber eine solche Auffassung darf nicht verdecken, daß gerade PIAGET und die Psychologen, die seine Ansätze weiter entwickelt haben, auf die sprunghaften Übergänge im kleinen aufmerksam machen: Sensomotorische und kognitive Schemata (aber auch Bewertungsschemata) werden dazu benützt, Informationen der Umwelt aufzunehmen. Das ist kein abbildender Vorgang, sondern ein interpretierendes Einfügen in ein bereitstehendes Schema (Assimilation). Eine solche Einfügung gelingt nicht bei jeder Umweltinformation. Scheitert sie, dann entsteht dadurch ein Druck, die Schemata so zu verändern, daß die Umweltinformation passender eingefügt werden kann. Durch Differenzierung oder Umstrukturierung entstehen neue Schemata (Akkommodation); diese stehen für weitere Assimilationsvorgänge zur Verfügung. Im Gegensatz zur Assimilation stellt die Akkommodation einen sprunghaften Übergang dar. Den Aufbau neuer Schemata durch Umstrukturierung beschreibt Kornelia MÖLLER anhand aufgezeichneter Unterrichtsbeispiele aus dem technischen Anteil des Sachunterrichts (MÖLLER, in diesem Band).

Verfolgt man eine längere Abfolge von Assimilationen und Akkommodationen, entsteht der Eindruck eines weitgehend kontinuierlichen Gesamtverlaufes.

9 Gegen die Betonung der rein intellegiblen Betrachtung

9.1 Die "physikalische Hinsicht" äußert sich darin, daß die Natur "vorgängig entworfen" wird "als unter Erzeugungsgesetzen, exakten Kausalgesetzen stehend" (REDEKER 1979, S. 111). Das erfordert "Idealisierung", unter anderem auf der Basis der euklidischen Geometrie. Daraus resultiert: (1) eine Umgrenzung, was "als Gegenstand neuzeitlicher Naturwissenschaft gelten kann"; (2) ein Vorzeichnen von "Fragen und Antworten" bezüglich dieses Gegenstandes; (3) eine Abschirmung: die "wirtschaftlichen, sozialen, politischen Bedingungen" (REDEKER 1979, S. 286) und ebenso die "Verwendung" von Erkenntnissen "zu außerwissenschaftlichen Zwecken" brauchen dann nicht mehr thematisiert zu werden (REDEKER 1979, S. 287).

Diese Funktion erfüllt nicht nur die "physikalische Hinsicht", sondern die theoretische Hinsicht allgemein.

9.2 Die vorausgegangene Darstellung (Absatz 9.1) läßt uns leicht die Grenzen der Wissenschaften einschätzen, insbesondere hat sie den Vorzug, uns zu warnen: die Ergebnisse der Wissenschaften lassen sich nicht direkt ins Lebensweltliche umwenden, ohne kreative Zwischenschritte. REDEKER hebt pointiert heraus, daß die Begriffe der "neuzeitlichen Physik" "für das Zurechtkommen in Umgangssituationen geradezu untauglich" sind (REDEKER 1979, S. 132). Der Rückbezug des theoretischen Wissens auf die Lebenswelt problematisiert sich in dem Maße, wie sich das Wissen von der Lebenswelt durch Isolierung und Systematisierung entfernt. Das provoziert zu einem Blick auf technisches Handeln.

(1) Die lebensweltliche Technik läßt sich nur verkürzt als Anwendung theoretischen Wissens verstehen. Die Anwendung erfordert eine spezifisch umformende Integration des theoretischen Wissens, zumal es in lebensweltlichen Problemsituationen niemals um die Anwendung eines einzelnen Wissenselements geht. Eine direkte, verwirklichende Umsetzung von Wissen erfordert koordinierende Planung, Entwurfsgestaltung und -entscheidung, aber auch eine vorausgehende Zielbestimmung auf der Basis der Folgen vorausgegangenen Tuns; sie erfordert eine Resultatskontrolle mit dem Versuch, die Folgen von Herstellung und Gebrauch einzuschätzen.

(2) Das physikalische Wissen, das im Rahmen einer Problemsituation auf so stationsreichem Wege angewendet wird, ist kein reines, von aller Anwendung losgelöstes Wissen, es ist nicht als Teil einer reinen, abgelösten Theorie oder als Resultat einer "reinen Schau" aufzufassen. Das Wissen entsteht zwar aus einer theoretischen Haltung oder in "physikalischer Hinsicht". Die Ergebnisse sind deshalb den aktuellen Zielsetzungen mit Grund enthoben, aber doch nicht gleichzeitig jeglicher Zielsetzung. Auch dieses theoretische Wissen bleibt, wenn auch entfernt, der "praktischen Beherrschung und Umbildung der Welt für unsere menschlichen Ziele und Zwecke" verpflichtet (SCHELER 1977, S. 18f.). Max SCHELER nennt deshalb dieses Wissen "Herrschafts- oder Leistungswissen" und grenzt es damit von übergeordneten Wissensformen ab: vom personenorientierten "Bildungswissen" und vom "Erlösungswissen" (1977, S. 18f.).

Eine solche Kennzeichnung reduziert nicht die Kluft zwischen allgemeinem, systematischem Wissen und individuellen Problemstellungen im lebensweltlichen Alltag, aber sie verweist global auf einen Rest an funktionaler Bindung (auf einen Rest an Kontinuität bei aller Diskontinuität).

(3) Technisches Handeln ist auf Zielbestimmungen, auf Planung und Entwurfsentscheidungen, auf Kontrolle der Ergebnisse, auf Einschätzung der Folgen angewiesen. Gerade deshalb benötigt technisches Handeln allgemein nicht nur das "Herrschafts- und Leistungswissen", sondern auch jene übergeordneten Wissensformen im Sinne Max SCHELERs.

10 Anmerkungen, angeregt durch Bruno Redeker

10.1 Hierarchische Schichtung der "Sprünge"

Im Vorausgehenden wurden verschiedene Typen mehr oder weniger sprunghafter Übergänge erwähnt. Sie sollen hier unter dem Gesichtspunkt der hierarchischen Schichtung ohne Anspruch auf hinreichende Differenzierung oder gar Vollständigkeit zusammengestellt werden. Jeder sprunghafte Übergang stellt im Sinne des Absatzes 7 eine Kurz-Genese dar, hat jedoch unterschiedliche Auffälligkeit und Reichhaltigkeit in dem, was im Sprung als Inhaltsmoment eingeht.

1. Ebene: Als eng begrenzte Vorgänge bilden die Akkommodationen bei Handlungs- und Wahrnehmungsschemata die unterste Ebene. Im Kontrast zur Assimilation stellt die Akkommodation einen sprunghaften Übergang dar (vgl. Absatz 7 und 8).

2. Ebene: Bewußter erlebbar ist der problemlösende Vorgang der Einsicht als sprunghafter Übergang. Durch Verknüpfung, Differenzierung oder Umstrukturierung werden neue kognitive Strukturen aufgebaut.

3. Ebene: Die erstmalige kategoriale Erschließung (KLAFKI 1967, S. 38ff.) in bezug auf Methoden, Verfahren, Grundprinzipien und Werte verändert sprunghaft die kognitive Struktur in einem umfassenderen Teilbereich. Dadurch werden oft auch angrenzende Bereiche umstrukturiert, mindestens

erhalten aber untergeordnete Regeln und Begriffe einen anderen Kontext, beispielsweise modifiziert sich das Vorverständnis gegenüber neuen Problemsituationen.

4. Ebene: Der vorausgegangenen Ebene wiederum übergeordnet ist der sprunghafte Wechsel von der lebensweltlichen Einstellung zur theoretischen Hinsicht (vgl. Absatz 5, 7). Wie sich dieser Wechsel auf die unteren Ebenen bis hin zu den "sinnlichen Gegebenheiten" auswirkt, hat REDEKER aufgedeckt (1979, S. 113).

Die hierarchische Schichtung, die hier nur ausschnittshaft skizziert werden konnte, beginnt bei den Kleinprozessen des Handelns und Wahrnehmung und endet z. B. (in einem Strang) bei der theoretischen Hinsicht. Der eine sprunghafte Wechsel zur theoretischen Hinsicht ist im Kontext weiterer Sprünge zu sehen, die innerhalb der lebensweltlichen Einstellung vollzogen werden. Durch eine solche Sicht sollen die Schwierigkeiten bei der Anbahnung der theoretischen Haltung und die weitreichenden Folgen im Zusammenhang mit dem sprunghaften Wechsel zur physikalischen Hinsicht keineswegs verharmlost werden.

Die Veränderung auf einer Ebene wirken sich, wie hier schon angedeutet, auf die darunterliegenden Ebenen aus. Deshalb kommt den Veränderungen auf höherer Ebene eine größere Reichweite zu. Welche Funktion die unteren Ebenen für die oberen haben, soll im folgenden Absatz skizziert werden.

10.2 Aufbau von Neuem

Wie die Hinsicht möglicherweise angebahnt werden kann, wurde von REDEKER dargestellt (vgl. Absatz 6). Jetzt kann das Produktive und Kreative im kleinen noch ergänzend verfolgt werden.

Solange der praktische und deutende Zugriff in geläufiger Weise gelingt, ist es nicht notwendig, innezuhalten. Erst Hindernisse, Grenzen und Lücken zwingen dazu; erst die bemerkten Widerstände und (auf höherer Ebene) die erkannten Widersprüche aktivieren zum Aufbau von etwas, was vom Vorzustand abweicht, ihn variiert oder ihn durch Neues ablöst. Widerstände

provozieren zu variierendem Probieren, zu einem forschenden Beobachten, zur Zielklärung, zur Sichtung der möglichen Teilziele und Lösungsschritte auf der Basis der überhaupt verfügbaren praktischen und kognitiven Materialien. Erst Widerstände, erst das Erleben, an Grenzen zu stoßen, die mit den verfügbaren Mitteln und Methoden nicht überschritten werden können, stimulieren auch dazu, etwas gezielt nachzuahmen.

Der eigene oder aktiv übernommene Aufbau von (Abweichendem, Variiertem oder) Neuem, beispielsweise das Finden einer Lösung (auf der Ebene 2), gelingt aber nicht zwangsläufig durch den wahrgenommenen Widerstand und die dadurch stimulierten Mittel und Fähigkeiten.

Notwendig ist eine gesicherte Ausgangsbasis, also unter anderem eine gewisse Fülle an beständigen Schemata, Begriffen, Verfahren, Beweglichkeit im Umgang damit, gewonnen durch vorausgegangene Bestätigung. Zur notwendigen Randbedingung gehören: die Entlastung vom Druck, schnell einen Ausweg finden oder übernehmen zu müssen, eine geklärte Zielvorstellung; das Abrücken von einer hartnäckigen Zielstrebigkeit, mindestens in der Anfangssituation.

Das zur Überwindung der Widerstände in Anläufen Aufgebaute weicht vom Seitherigen ab, variiert es oder enthält überwiegend Neues. Wird in diesem Prozeß die zuvor erfaßte Grenze überschritten, so erscheint die Überschreitung als sprunghafter Übergang. Aufbauprozesse, die keine oder nur eine diffuse Grenze überschreiten, verändern ebenso, jedoch ohne (deutliche) sprunghafte Übergänge.

Das durch Verknüpfung und Differenzierung neu Aufgebaute entwickelt sich zu einer leicht handhabbaren Einheit (als Schema, Begriff, Kategorie oder Methode), wenn sich das Aufgebaute in wiederholten Verwendungen bewährt. Die wachsende Bestätigung schließt das Aufgebaute zusammen und gibt ihm zunehmend einen gegenständlichen Charakter. Sie verwandelt damit das Aufgebaute zum gesicherten Material, das zum erneuten Aufbau auf höherer Ebene verwendbar ist. Hier zeigt sich auf höherer Ebene etwas, was für die untere Ebene schon erwähnt wurde: die Basis für einen problemlösenden Aufbau bildet ein Repertoire solider (praktischer und) kognitiver Materialien.

10.3 Weitere Hinsichten

Bruno REDEKER hat verdienstvoll auf die Funktion der theoretischen Hinsicht verwiesen. Der Wechsel zu dieser Hinsicht ist besonders problemhaltig. Er steht jedoch nicht allein.

Die in Absatz 10.1 ausschnittshaft skizzierte hierarchische Schichtung ist nicht die einzige. Sie weist vielmehr verschiedene Stränge (oder Äste) auf. Wo sie sich abzuspalten beginnt, soll hier nicht näher dargestellt werden. Lediglich die obersten Ebenen der Schichtungen sollen erwähnt werden.

(1) Der Wechsel von der lebensweltlichen Hinsicht in die ästhetische eröffnet allererst die Sicht auf ästhetische Gegenstände und Prozesse. Dabei wird das Moment der Form und der vielfältigen Formbezüge (durch Form sichtbar machen und darstellen ...) ins Zentrum gerückt. Die Anbahnung dieser Hinsicht kommt weniger durch erlebte Widerstände und Widersprüche in Gang, eher durch eine wenig gezielte, entlastete, weltoffene Betrachtung.

(2) Der Wechsel zur symbolischen Hinsicht läßt den Zeichencharakter von Gegenständen hervortreten: ein Etwas steht für etwas anderes, das weniger greifbar, weniger zugänglich ist. Im Bereich der anfänglichen menschlichen Verständigung wird diese Hinsicht selbstverständlich eingenommen, in anderen Bereichen schaffen erst existentielle Krisen einen hinreichenden Abstand zur lebensweltlichen Einstellung. Erst dadurch kann neben der Präsentation auch Repräsentation zugelassen werden. So entsteht eine Teilbasis für eine religiöse Weltsicht.

10.4 Vom Sinnlichen zum Begrifflichen?

REDEKER weist nach, daß unter "physikalischer Hinsicht" die mathematischen Begriffe das sinnliche Erfassen ausrichten und vorprägen. Damit ist die Mathematik nicht mehr nur das Medium, mit dem nachträglich bereits vorliegende Erfahrungen gedrängt darstellbar sind. Sie erhält den Rang eines Aufnahmeverganges; mindestens wird eine Sensibilität für bestimmte sinnliche Gegebenheiten dadurch erst geschaffen. Eine solche Position zwingt dazu, das Anschauungsprinzip der Didaktik differenzierter zu sehen.

Als Lehrer sind wir allzu schnell bereit, gegen den überzogenen, wortzentrierten Unterricht das Anschauungsprinzip ins Feld zu führen: zuerst selbstverständlich die Sache, dann die Sprache. Das hat seine Berechtigung, verlangt aber auch, ergänzt zu werden (BOLLNOW 1966, S. 158 f.).

Didaktische Überlegungen beziehen sich in aller Regel auf die Wissenschaft als gesicherte Erfahrung. Das zieht die Vorstellung nach sich, alles Lernen beginne, vereinfacht gesagt, mit dem Wahrnehmen, dem Beobachten, unabhängig von aller Sprache, unabhängig von emotionalen und sinnorientierten Einstellungen. Erst wenn das Vorübergehende, beispielsweise im Experiment, auswählend fixiert werden soll, erst wenn aus dem Vorübergehenden etwas Bleibendes herausgelöst werden soll, greift man auf die Sprache zurück und versucht gegebenenfalls eine mathematische Darstellung.

Alles sinnliche Erfassen hat jedoch ein Davor. Es ist eingebunden in emotionale Haltungen, in sinnorientiertes Handeln und Darstellen und erfolgt deshalb unter Gesichtspunkten. Mit dem sinnlichen Erfassen und naiv-empirischen Aufnehmen ist deshalb nicht in jedem Falle ein (unverfälschter) Anfang in dem Sinne gegeben, daß hier für die deutende Erkenntnis ein sicherer erster Anknüpfungspunkt gegeben ist. Für die Schule folgt daraus, daß die Anschauung in keine feste Abfolge einzuzwängen ist: erst das Sinnliche, dann das Begriffliche. Die Lernchancen werden eher ausgeschöpft, wenn zunächst Gelegenheit gegeben wird, Vorwissen zu aktivieren, so vage oder unangemessen es im einzelnen auch sein mag. Das erlaubt in bezug auf das Anzuschauende, Frage- und Problemstellungen aufzubauen.⁷ Erst die Fragestellung vermittelt den Gesichtspunkt für die Anschauung. Dadurch werden einige visuell erfaßte Merkmale und Teilstrukturen belanglos, andere sind nur am Rande bedeutsam, und einige erhalten eine zentrale Stellung und damit den Charakter von Antworten.

⁷ Methodisch ist damit oft der Rückgang auf eine menschliche "Ursprungssituation" im Sinne Heinrich ROTHs verbunden; z. B.: Wie haben sich die Menschen vor Wind und Wetter geschützt? (Vgl. ROTH 1965, S. 107 ff., S. 125.)

10.5 Medien der Darstellung und Erschließung

Nicht nur die verstandenen mathematischen Begriffe prägen das Vorverständnis und zeichnen "Fragen und Antworten" (REDEKER 1979, S. 286) vor. Alle im Prozeß des Erfassens primär zur Darstellung benützten Medien leiten den Blick, akzentuieren und schirmen ab. Das heißt: diese Medien sind nicht nur Darstellungsmedien; sie machen auch allererst sichtbar, sie erschließen Phänomene und Tat-Sachen. Anders ausgedrückt heißt dies: Die Darstellung ist nicht in allen Zügen eine reine Abbildung dessen, was vorher schon bereitlag.

Im Bereich der Sprache ist dies immer wieder dem Lehrer in Erinnerung gebracht worden. So betont beispielsweise Friedrich Otto BOLLNOW:

"Die Sprache ist kein äußeres Mittel, eine schon vorher gemachte Erfahrung mitzuteilen, sondern ehe der Mensch überhaupt an die Dinge herangehen kann, ehe er sie mit seinen Sinnen auffassen und aus diesen Auffassungen Erfahrungen ableiten kann, tritt die Sprache schon zwischen ihn und die Dinge und leitet die Weise seines Auffassens" (BOLLNOW 1966, S. 147).

Deshalb hat es auch "streng genommen" "keinen Sinn", "von einer 'hinter' der Sprache gelegenen Wirklichkeit zu sprechen" (BOLLNOW 1966, S. 147). Die Sprache verdinglicht und isoliert z. B. nach dem Schema vom Täter, der etwas tut, nach dem Schema vom Leidenden, der etwas erleidet (BOLLNOW 1966, S. 149).

Wir erfassen "die Wirklichkeit niemals in ihrer Nacktheit" (BOLLNOW 1966, S. 146). Wir erfassen sie nicht ohne Medien, jedoch mit einer Vielfalt von Medien, beispielsweise durch Handeln und Zeichnen. Auch hiermit sind keine neutralen Mittel gegeben, (gezielt) zu verändern und darzustellen, was schon vorgegeben war. So erhält beispielsweise erst das primär die Eigenschaft, Gegenstand zu sein, was sich wiederholend und variierend in ein Handlungsschema aufnehmen läßt und als Resultat von Handlung davon ablösbar ist. Gibt es beim Einfügen in ein Handlungsschema Widerstand und scheitert das Einfügen, dann offenbart sich noch deutlicher, daß hier etwas diffus dem Menschen entgegensteht. Ist der Widerstand Anlaß, ein Handlungsschema zu verändern und gelingen die erstmalige Einfügung und die nachfolgende Wiederholung des Handlungsschemas, so verwandelt sich das, was zunächst diffus als Äußeres, als Non-Ego entgegenstand, zum abgegrenzten Gegen-Stand.

Was sich in ein spezifisches, differenziertes Handlungsschema einfügen läßt, erfährt eine Verdinglichung: So erweist sich beispielsweise ein Holzstab im spezifischen Zugriff als biegsam, ein anderer als starr. Dem Stab wird abkürzend eine feste (Ding-)Eigenschaft zugeordnet, ohne Rücksicht auf das spezielle Handlungsschema als medialen Bezug.

Auf der (höheren) Ebene der Operation, die ausgiebiges Handeln voraussetzt, gilt ähnliches: Was sich wiederholt und varierend in Ketten aus experimentell-physikalischen Operationen einbeziehen läßt, erhält den Rang eines physikalischen Gegenstandes.⁸ Durch das Operieren im Rahmen des konstruktiv aufgebauten Experiments wird zugerichtet und der Erfahrung eine "konstruktive Form" aufgeprägt.⁹ Nur die so vorgeprägte Erfahrung eignet sich für die Anwendung der Mathematik (FREY 1967, S. 117).

Auch die Zeichnung ist nicht nur ein Medium, Vorgestelltes und Gesehenes (nachträglich) darzustellen. Sie ermöglicht Erkenntnis, indem sie zu spezifischen Fragen Anlaß gibt und so Gesichtspunkte vermittelt für erneutes Anschauen. So berichtet Wolfgang BIESTER (in diesem Band) von einem Schüler, der einen Baukran darstellte und dabei beabsichtigte, die Laufkatze als bewegbar ins Bild zu setzen. Das erforderte die Darstellung der dazu notwendigen Seilzüge. Der Schüler zieht eine Linie von der Laufkatze zur äußersten Auslegerspitze und stockt dann, weil ihm bewußt wird, daß das Seil hier nicht enden kann. Es muß weitergeführt werden. Der Schüler weiß nicht, wie das geschehen soll und bemerkt, daß er sich das Auslegerende des Kranes nochmal ansehen muß.

⁸ Dieser physikalische Gegenstand konstituiert sich primär durch die abgegrenzten und wiederholbaren Operationen im konstruktiv erstellten Experiment. Die einseitig intellegible Betrachtungsweise läuft Gefahr, diese operational-konstruktive Basis der Wissenschaft zu vergessen.

⁹ Goethe hat diese Zurichtung sehr anschaulich in den Sprüchen zur Farbenlehre beschrieben (vgl. GOETHE 1979, S. 269). Er erkennt, daß sich keiner "bloß ans Licht halten" kann. NEWTON und er selbst setzen "ihm auch Bedingungen entgegen" (S. 21), diese gehen in das im Experiment "Hervorgebrachte" (S. 21) ein. Nach GOETHE leugnet NEWTON diese Beeinflussung.

11 Die Grenzen der Lebenswelt

Manche didaktisch orientierte Anmerkung könnte den Eindruck erwecken, die Kluft zwischen Lebenswelt und Welt der Wissenschaft werde in unzulänglicher Weise überdeckt. Das ist nicht beabsichtigt. Im Zusammenhang mit diesem Problemkreis sei abschließend auf Alfred SCHÜTZ und Thomas LUCKMANN (1984) verwiesen.

Jeder stößt im Alltag an Grenzen, etwa dann, wenn die Erinnerung aussetzt oder eine geplante Handlung oder Verständigung scheitert. Solche Grenzen sind meistens überschreitbar und tauchen an anderen Stellen wieder auf. Die lebensweltliche oder natürliche Einstellung läßt sich dadurch nicht erschüttern. Das geschieht erst in persönlichen Krisensituationen. Das vorher Selbstverständliche erscheint dann in größerer Distanz, das heißt: "... wenigstens vorläufig wird die Alltagswirklichkeit mit all ihren Relevanzen in Klammer gesetzt" (SCHÜTZ/LUCKMANN 1984, S. 174) und damit "nähert sich der Mensch einer grundlegenden anderen", nämlich "der theoretischen Einstellung" (SCHÜTZ/LUCKMANN 1984, S. 176). Eine solche Annäherung vollzieht sich allgemein über Zwischenstationen, über "vor- und halbt theoretische Verwandlungen der natürlichen Einstellung" (SCHÜTZ/LUCKMANN 1984, S. 176). In diesen

"Verwandlungen der natürlichen Einstellung, in denen dem Bereich des täglichen Lebens der Wirklichkeitsakzent nicht ganz entzogen und dessen Selbstverständlichkeit nicht rückhaltlos in Zweifel gezogen wird, beginnt der Mensch, Fragen an sich selbst und die Welt zu stellen, die er in der natürlichen Einstellung nie in den Mund nehmen würde" (SCHÜTZ, LUCKMANN 1984, S. 176).

Literatur

- BATESON, G.: Geist und Natur - eine notwendige Einheit (1979). Frankfurt/M. 1982.
- BIESTER, W.: Zeichnen als Hilfe zum Verstehen im Sachunterricht der Grundschule. In diesem Bande.
- BOLLNOW, O.F.: Sprache und Erziehung. Stuttgart 1966.
- FREY, G.: Die Mathematisierung unserer Welt. Stuttgart 1967.
- GOETHE, J.W. von: Farbenlehre, hrsg. v. Gerhard OTT und Heinrich O. PROSKAUER, Band 3. Stuttgart 1979.
- HAKEN, H.: "Erfolgsgeheimnis der Natur - Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken" (1981). Frankfurt/M. 1984.
- JOERGER, K.: Einführung in die Lernpsychologie. Freiburg/Br. 1976.
- KLAFKI, W.: Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. 9. Auflage. Weinheim 1967.
- KÖHNLEIN, W.: Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens bei Kindern. In: *physica didactica* - Zeitschrift für Didaktik der Physik, 12 (1985) 4, S. 46-50.
- KUHN, Th. S.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen (1962). Frankfurt/M. 1973.
- LÖFFLER, G.: Kontinuitäten, Orientierungen und die Aufgabe des Sachunterrichts. In: *physica didactica* - Zeitschrift für Didaktik der Physik, 12 (1985) 4, S. 40-45.
- MEYER-EPPLER, W.: Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie. 2. Auflage. Berlin/Heidelberg/New York 1969.
- MÖLLER, K.: Umstrukturierungen im Lernprozeß - Kinder bauen eine Stampfe. In diesem Band.
- REDEKER, B.: Untersuchungen zur Begriffsbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bielefeld 1979.
- ROTH, H.: Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens. 8. Auflage. Hannover 1965.
- SCHULER, M.: Erkenntnis und Arbeit - eine Studie über Wert und Grenzen des pragmatischen Motivs in der Erkenntnis der Welt. Frankfurt/M. 1977.
- SCHÜTZ, A./LUCKMANN, Th.: Strukturen der Lebenswelt, Band 2. Frankfurt/M. 1984.
- STEGMÜLLER, W.: Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie, Bd. II, Kapitel V: Die Evolution des Wissens: Nichtkumulativer Wissensfortschritt und Theoriendynamik. Zur Theorie von Thomas S. KUHN: Stuttgart 1975.
- WAGENSCHIEIN, M.: Natur physikalisch gesehen. Braunschweig 1975.

UMSTRUKTURIERUNGEN IM LERNPROZESS - KINDER BAUEN EINE STAMPFE

Kornelia Möller, Universität Münster

1 Vorbemerkungen

Im folgenden möchte ich versuchen, Umstrukturierungen in konkreten Lernsituationen zu analysieren. Dabei beziehe ich mich auf Videoaufzeichnungen und Schülerzeichnungen. Ein Schwerpunkt der Auswertung liegt bei der Suche nach Bedingungen, die Umstrukturierungsvorgänge, oder allgemeiner, produktives Denken fördern. Für die Gestaltung von Lernprozessen ergeben sich daraus wichtige Folgerungen. Diese sind aber - wegen des begrenzten Zeitrahmens - nur als Diskussionsanregungen zu verstehen.

Auf einige Schwierigkeiten bei der Analyse der Lernsituationen möchte ich vorweg hinweisen:

Die Videoaufzeichnungen wurden nicht speziell unter dem Aspekt der Umstrukturierung durchgeführt. Es handelt sich um Aufnahmen von Schülergruppen; eine Analyse individueller Denkverläufe ist daher nur bedingt möglich.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Auswertung von Videoszenen ergibt sich aus einem grundlegenden methodischen Problem. Umstrukturierungen sind innere Denkvorgänge und als solche nicht direkt wahrnehmbar. Wahrnehmbar ist nur die äußere Verhaltensebene, bestehend aus sprachlichen, zeichnerischen und aktionalen Äußerungen. Das äußere Verhalten liefert zwar Anhaltspunkte für innere Denkvorgänge, erlaubt aber auf innere Abläufe keine sicheren Schlüsse. Es sollte daher bewußt bleiben, daß es sich bei der

Analyse von Denkprozessen lediglich um einen Versuch handeln kann, durch Interpretation einer äußeren, wahrnehmbaren Ebene einen Zugang zu nicht wahrnehmbaren, psychischen Vorgängen zu gewinnen.

Die Videoausschnitte sollen im Hinblick auf Umstrukturierungen untersucht werden. Damit befinden wir uns auf einer "unteren Ebene von Sprüngen". Es handelt sich um Mikrosprünge, die innerhalb der "Lebenswelt" verbleiben (vgl. WIESENFARTH, Beitrag in diesem Band).

Ist es gerechtfertigt, solchen im lebensweltlichen Bereich verbleibenden Denkprozessen einen sprunghaften Charakter zuzusprechen?

Auch innerhalb lebensweltlicher Erfahrungsbereiche gibt es subjektive Grenzerlebnisse "im Kleinen". Grenzen werden beispielsweise dann erlebt, wenn Probleme auftauchen, die mit verfügbaren Wissens- oder Handlungsschemata nicht zu lösen sind. Eine Überschreitung solcher Grenzen ist nur durch den Aufbau neuer Schemata möglich.

Unsere These ist nun, daß beim Erwerb dieser neuen Schemata neben eher kontinuierlichen Aufbau- bzw. Differenzierungsprozessen auch sprunghafte, diskontinuierliche Phasen vorhanden sind. WERTHEIMER (1957, S. 144) bezeichnet solche Phasen als "Umstrukturierung".

Kurz einige Bemerkungen zum Begriff der Umstrukturierung in der Gestalttheorie:

Umstrukturierungen werden von WERTHEIMER als plötzliche, qualitative Änderungen im problemlösenden Denken aufgefaßt. Sie überführen eine Ausgangssituation durch strukturelle Veränderungen, also durch Änderung der Verknüpfungen, in eine dem Problem angemessenere Situation (ebd., S. 145f.). Verbunden sind damit zunehmende Klarheit und Durchsichtigkeit in Hinblick auf das Problem und seine Lösung: Das Problem wird - nach der Umstrukturierung - "in einer neuen und tiefer eindringenden Perspektive" gesehen (ebd., S. 144). Der Vorgang der Umstrukturierung selbst ist sprunghaft; er ist mit plötzlicher Einsicht und Aha-Erlebnissen verknüpft.

Formal lassen sich Umstrukturierungen in Anlehnung an WIESENFARTH so schematisieren (vgl. WIESENFARTH, Abb.1):

Ein Anfangszustand A wird in einen qualitativ veränderten Endzustand E überführt, wobei die Elemente im wesentlichen erhalten bleiben (a), alte Verknüpfungen (b) aufgegeben und neue Verknüpfungen (c) gebildet werden.

Für die Interpretation der Videoausschnitte ist allerdings zu bedenken, daß Umstrukturierungen in dieser reinen Form vermutlich selten auffindbar sind. Wahrscheinlicher sind Mischformen in dem Sinne, daß auch einige Elemente ausgeschieden bzw. neu hinzugefügt werden können. In diesem Falle handelt es sich um Mischformen mit einem mehr kontinuierlichen Schemaaufbau und eher diskontinuierlichen Umstrukturierungen (vgl. WIESENFARTH, Abb.1).

Nachdem nun ein erstes Vorverständnis für den Begriff der Umstrukturierung erreicht ist, stellt sich die Frage, wie es zu solchen plötzlichen, qualitativen Umstrukturierungen kommt oder - anders formuliert - wie man Ideen findet, die Umstrukturierungen beinhalten.

DUNCKER (1966, S. 13) beschreibt zwei "Wurzeln" der Ideenfindung: Das "Geforderte", also das Ziel der Problemlösung, und das "Gegebene", zu dem Material, Werkzeug sowie sonstige vorhandene Bedingungen und Anregungen gehören.

Bei der "Anregung von unten" (ebd.) regt das Gegebene zur Lösungsfindung an, ohne daß bereits eine Lösungsidee explizit vorhanden sein muß. Die Lösungsidee - bei DUNCKER der "Funktionalwert der Lösung" (ebd. S. 5f.) - wird in diesem Fall erst über das anregende Material gefunden (ebd., S. 13f.). Bei der "Lösung von oben", ausgehend von einer Analyse des Geforderten, regt die Zielvorgabe den Funktionalwert an. Der gefundene Funktionalwert, die Lösungsidee, leitet dann die Suche nach geeigneten Lösungselementen (ebd.).

Den Lösungsverlauf sieht DUNCKER prozeßhaft: Über Teillösungen, auch über Irrtümer, entwickelt sich die Problemlösung sukzessiv bis zu einer Endgestalt. DUNCKER spricht vom "Lösungsstammbaum" (ebd. S. 9). Erst im schrittweisen Verlauf wird das Problem verschärft, in seiner eigentlichen Schwierigkeit genauer erfaßt und in Teilprobleme zergliedert. Die "Entwicklung der Lösung" geht so einher mit einer "Entwicklung" des Problems" (ebd. S. 10). Hilfreich für den Fortgang der Problemlösung ist neben der Ziel- und Materialanalyse auch eine Analyse der im Lösungsprozeß auftretenden Konflikte (ebd. S. 15f., S. 24ff.).

2 Interpretation von Videoszenen - Ausschnitte aus dem Prozeß der Problemlösung beim Entwickeln einer Getreidestampfe

Die Ausschnitte stammen aus einem Gruppenlernprozeß; beteiligt waren fünf Kinder. Inhaltlich geht es um den Entwurf einer Getreidestampfe, wie sie früher in einigen Ländern zur Zerkleinerung von Getreide gebräuchlich war.



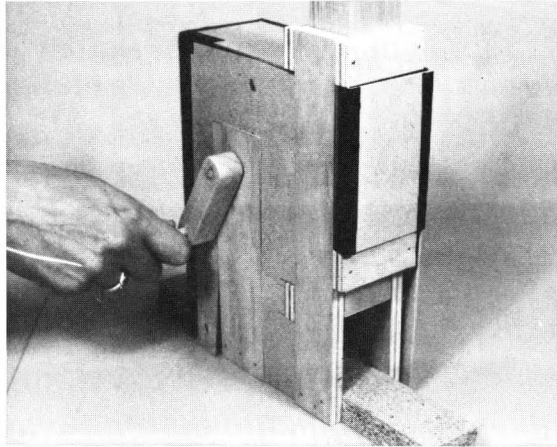
*Abb.1: Afrikanerin beim
Zerstampfen von Mais*

In der Ausgangssituation versuchten Schüler, mit einfachen Reibsteinen und Mörsern - wie noch heute in einigen Ländern üblich (Abb. 1) - Getreide zu zerkleinern. Die dabei erworbene Eigenerfahrung vermittelt Verständnis für die anschließende Aufgabe, eine Maschine zu erfinden, mit der die menschliche Arbeit beim Zerstampfen von Getreide erleichtert wird. Die Maschine soll, wie früher üblich, durch ein Wasserrad angetrieben werden.

Nachdem die Schüler erste Überlegungen geäußert haben, zeigt der Lehrer ein verdecktes Funktionsmodell (Abb. 2). Den Schülern sind die sichtbaren Elemente bekannt: Der Stampfer entspricht dem Stößel beim Mörser; das Wasserrad kennen die Schüler als Antrieb bei Getreidemöhlen (am Modell ist das Wasserrad durch eine Kurbel ersetzt).

Abb. 2:

*Verdecktes
Funktionsmodell
einer Stampfe*



Die Bewegungsweiterleitung im Inneren des Funktionsmodells soll nun nacherfunden werden. Bei der Lösung dieses Problems treffen die Schüler auf eine deutliche Grenze; vorhandene Wissens- und Handlungsschemata stehen für die zu leistende Überführung einer Dreh- in eine Auf- und Abbewegung kaum zur Verfügung.

Die folgenden Ausschnitte aus der Phase der Problemlösung sollen einen Einblick in den Versuch geben, die noch fehlende Bewegungsumformung mit Hilfe von Zeichnungen, Gesten und Probehandlungen zu konstruieren.¹

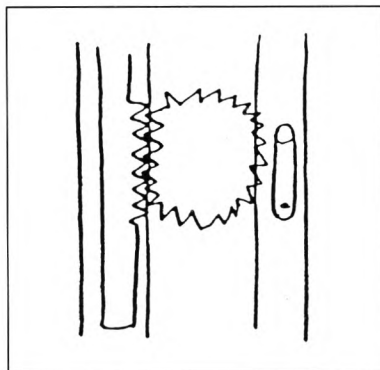
2.1 Der erste Ausschnitt zeigt den Lösungsversuch einer Schülerin (Iris) und die Weiterentwicklung der noch unzureichenden Lösung durch einen Mitschüler (Hendrik).

Bei dem Lösungsversuch von Iris (Abb. 3) handelt es sich um einen Aufbauprozeß: Aus der Erfahrung bekannte Elemente (Zahnstange und

¹ Der Problemlöseprozeß ist ausführlich dargestellt und interpretiert in MÖLLER (1990). In der konkreten Unterrichtssituation folgte auf die Phase der Problemlösungsentwürfe die praktische Umsetzung (die Schüler erstellten Funktionsmodelle aus Holzelementen), die Überprüfung und Bewertung der Modelle und der Transfer auf geschichtliche Formen der Getreidezerkleinerung.

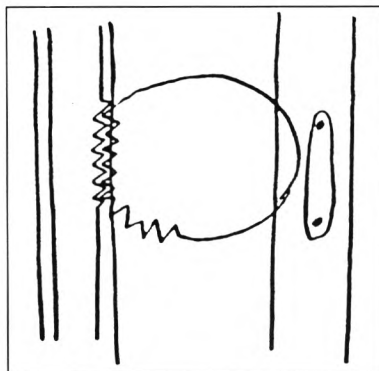
Zackenrad) werden mit den sichtbaren Elementen des Funktionsmodells verknüpft. Leitende Idee ist das Realisieren der Hochbewegung durch ineinandergreifende Elemente; das Fallen des Stampfers wird damit allerdings noch nicht erreicht. Die fortlaufende Zahnung des "Zackenrads" verhindert dieses.

Abb. 3: *Zeichnung Iris*



Ein Mitschüler, Hendrik, bemerkt diesen neuen Konflikt ("es muß auch wieder runtergehen") und verändert die Lösungsidee (Abb. 4):

Abb. 4: *Erste Zeichnung Hendrik*



Wir sehen in dieser Veränderung eine Umstrukturierung: Die Elemente "Zahnstange" und "Zahnrad" (a) bleiben im wesentlichen erhalten; die Verknüpfung zwischen ihnen wird verändert (b wird durch c ersetzt; vgl. Abb. 5).

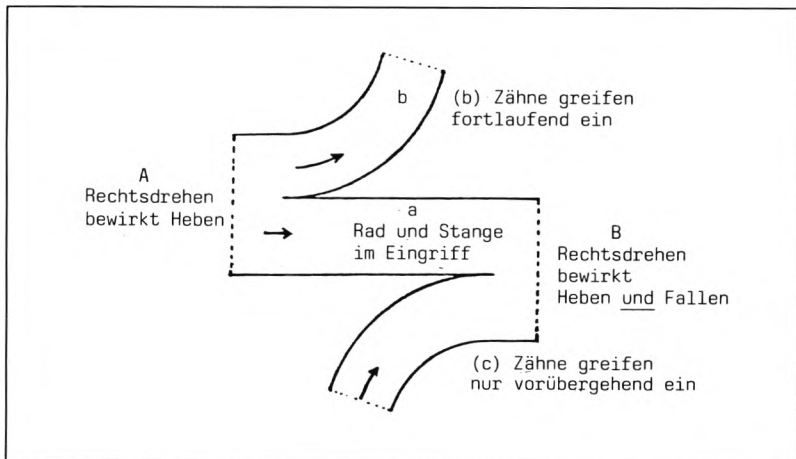


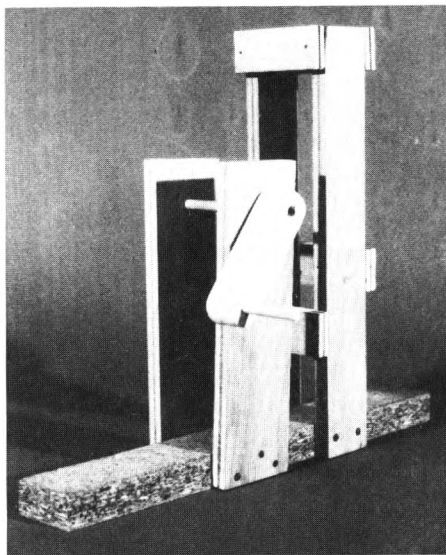
Abb. 5: Schematische Darstellung

Hinsichtlich des geforderten Ziels beobachten wir eine sprunghafte, plötzliche Änderung mit einer neuen Qualität: Hendriks Lösung ist eine zieladäquate Strukturierung des Problems.

Welches Repertoire steht Hendrik für seine Ideenfindung zur Verfügung? Sicher das vorhandene, gegebene Material, zu dem insbesondere die Vorzeichnung der Mitschülerin gehört. Darüber hinaus leistet Hendrik eine Präzisierung des Problems über eine genauere Zielanalyse: Um den Stampfer wieder heruntergehen zu lassen, muß der Eingriff unterbrochen werden. Die eigentliche Lösungsidee, i. S. von DUNCKER also der "Funktionalwert", besteht darin, eine Inhomogenität beim Eingriff zu erreichen.

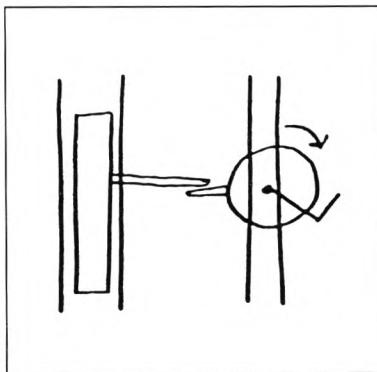
2.2 Nach den ersten Lösungsversuchen folgt eine Bauphase. Das Funktionsmodell wird, soweit es sichtbar ist, erstellt (vgl. Abb. 6).

Abb. 6: Selbstgefertigtes
Schülermodell



Schüler, die mit dem Bauen fertig sind, fordert der Lehrer zu weiteren Lösungsvorschlägen an der Tafel auf. Zunächst entwirft Oliver eine Lösung, bei der ein Stab unter einen anderen greift. Diese Lösung ist ebenfalls zieladäquat - sie entspricht in etwa dem später realisierten Funktionsmodell (Abb. 7):

Abb. 7: Zeichnung Oliver

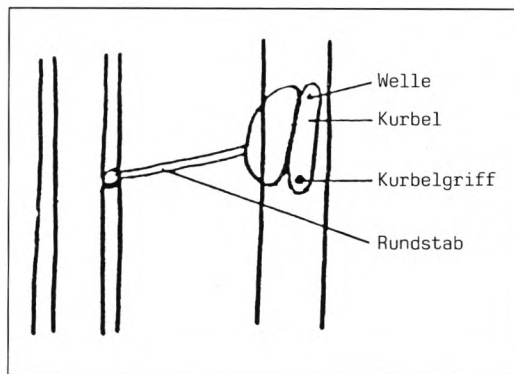


Zu dieser Lösung angeregt wurde Oliver vielleicht durch ein im Stampfer deutlich sichtbares, vorgebohrtes Loch, was geradezu zum Hereinstecken eines Zapfens provoziert.

Hendrik, der diese Zeichnung beobachtete, strukturiert Olivers Vorschlag um (Abb. 8):

Abb. 8:

Zweite Zeichnung
Hendrik



Ich versuche wiederum eine schematische Darstellung der Umstrukturierung:

Bei Hendriks Umstrukturierung bleibt das prinzipielle Zueinander von Nocke und Stampfer erhalten (a). Der Zapfen am Stampfer wird gelöst, er wird nicht mehr gebraucht (b). Als Neues (c) tritt hinzu, daß die Nocke bei der Drehung in das entstandene Loch zielt. Dadurch wird der Endzustand E erreicht (siehe Abb. 8). Die Hehebewegung kommt jetzt dadurch zustande, daß die Nocke in das Loch des Stampfers eingreift und den Stampfer so anhebt. Beim Weiterdrehen der Kurbel löst sich der Eingriff, so daß der Stampfer fällt.

In diesem Beispiel wird die Umstrukturierung nicht benutzt, um eine zieladäquatere Struktur aufzubauen. Ergebnis der Umstrukturierung ist hier ein paralleler, zweiter Lösungsweg. Damit geht unser Verständnis der Umstrukturierung über WERTHEIMERS Auffassung hinaus: WERTHEIMER verbindet mit Umstrukturierungen immer ein Fortschreiten im Lösungsprozeß; hier liegt eine Umstrukturierung vor, die bei einer ersten

Lösungsmöglichkeit ansetzt und aus ihr eine zweite, parallele Möglichkeit gewinnt.

2.3 In den folgenden beiden Ausschnitten geht es um die Weiterentwicklung und Prüfung der von Hendrik vorgeschlagenen Lösung durch Mitschüler. Diese bezweifeln, ob ein kleiner Rundstab den schweren Stampfer hochheben könne und nehmen Finger und andere Holzelemente zu Hilfe, um die Lösung probierend zu überprüfen (Abb. 9). Der sich entwickelnde Schülerdialog zeigt, wie sehr Schüler in diesem Alter darauf angewiesen sind, sich beim Entwerfen von Lösungen auf konkretes, vor allem auch bewegliches Material stützen zu können:

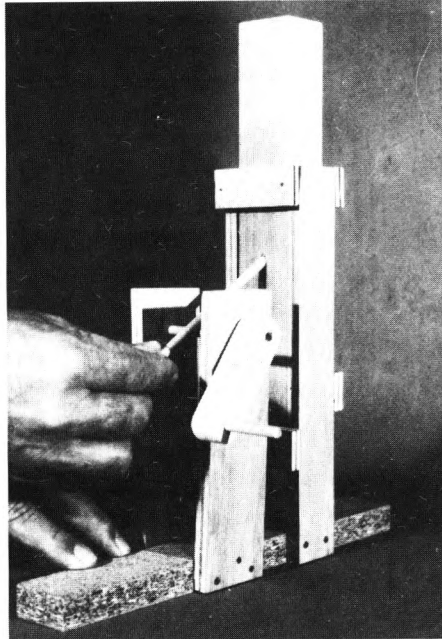


Abb. 9: Probeweises Hantieren

Katrin: "Ja, die Stange (der Rundstab) ist aber dafür viel zu schwach, um so'n dickes Ding (den Stampfer) hochzuheben."

Oliver: (benutzt seinen Finger als Rundstab und demonstriert, daß Hendriks Vorschlag funktionieren könnte)

Katrin: (besorgt sich einen Rundstab, um den Finger zu ersetzen)

Oliver: (hält den Rundstab in die richtige Position, dreht ihn, zielt in das Loch des Stampfers und hebt den Stampfer dadurch hoch)

Katrin: "Ja, aber wie soll das dann wieder in das Loch reinfinden (bei der nächsten Umdrehung)"

Oliver: "Ja so, dann kommt das hier so an (der Rundstab), das paßt haargenau (ins Loch)."

Katrin: "Ja, aber wenn es, ja, aber, wenn das dann auf einmal hierhin kommt (zeigt auf eine Stelle neben dem im Stampfer vorgebohrten Loch), dann versagt das, dann geht das ja gar nicht. Wenn das mal nicht ins Loch kommt..."

Oliver: "Das muß! Das klappt immer, weil das genau die gleiche Länge ist (weil die Länge des Rundstabs konstant bleibt)."²

Deutlich wird in diesen Szenen auch folgendes: Das Hantieren am Modell, unterstützt von Gesten und Probier-elementen, regt die Lösungsfindung (auch bei Mitschülern) an und fördert zugleich die Veranschaulichung des Gemeinten. Mitschülern fällt es dadurch leichter, Lösungsvorschläge anderer zu verstehen und auch zu kritisieren - ein lebhafter, sachbezogener Dialog wird dadurch ermöglicht, die "Ausgestaltung" der Lösung gefördert.

Nachdem der Lehrer - als Anregung für weitere Lösungen - durch das Loch des Stampfers einen Rundstab steckt und weitere Holzelemente zur Verfügung stellt (Scheibe, Nocke), schlagen die Schüler folgende Konstruktion vor, die sie zunächst probeweise realisieren (Abb. 10):

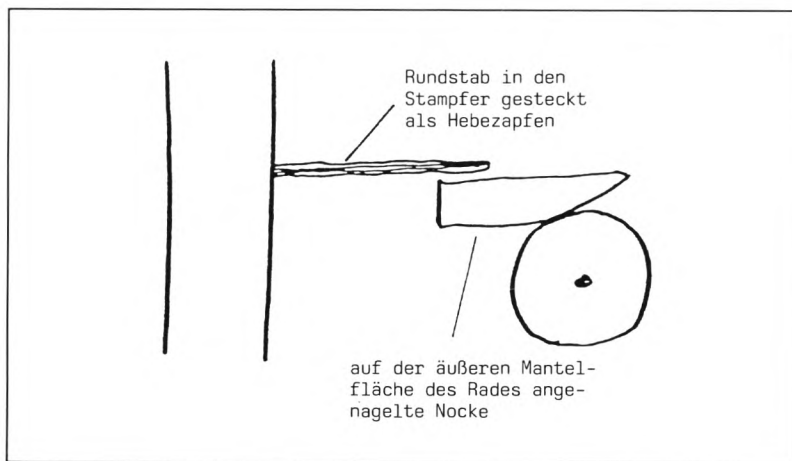
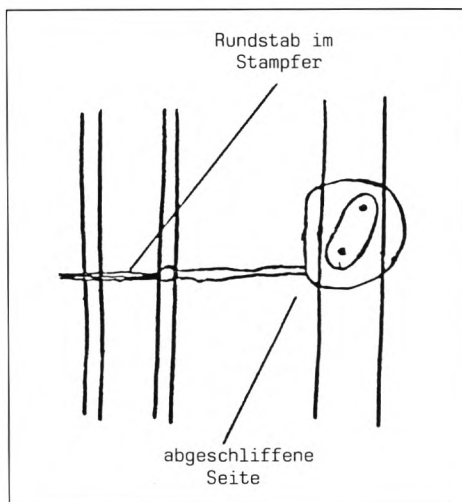


Abb. 10: Probeweises Zusammenfügen der Elemente

² Das Protokoll ist MÖLLER (1988) entnommen. Es wurde anhand von Videoaufzeichnungen erstellt und kommentiert.

Hendrik, der den Vorschlag verfolgte, hat einen plötzlichen Einfall für eine weitere, neuartige Lösung (Abb. 11):

Abb. 11:
Dritte Zeichnung Hendrik



Hendrik erreicht mit dieser Umstrukturierung eine qualitativ neuartige Lösung; das Nockengetriebe wird in ein Kurvenscheibengetriebe transformiert.

Anhand dieses letzten Beispiels möchte ich noch einmal auf ein anfangs angesprochenes Problem zurückkommen:

Ob es sich bei Hendrik wirklich um eine Umstrukturierung handelt - oder um einen Neuaufbau einer Lösung - ist anhand der Videoaufzeichnung nicht eindeutig zu beantworten. Voraussetzung für eine Umstrukturierung wäre, daß Hendrik die vorausgegangenen Lösungen innerlich mitvollzogen hat und als Ausgangspunkt für seinen neuen Vorschlag nimmt. Da es sich hier um innere Prozesse handelt, läßt sich diese Frage zweifelsfrei nicht beantworten. In unserem Beispiel wird die Beantwortung noch zusätzlich erschwert, weil der Gruppenlernprozeß den individuellen Denkprozeß überlagert.

3 Einige methodische Überlegungen

Zum Abschluß skizziere ich einige Folgerungen für die methodische Gestaltung von Lernsituationen, die zu produktivem Denken und zu Umstrukturierungen anregen:

Einsicht in die Problemstellung vermitteln:

Ausgangspunkt der Problemlösesituation ist eine elementare Situation, hier das Gewinnen von Mehl aus Getreide für die Nahrungsmittelzubereitung. In (bereits technischer) Eigentätigkeit erfahren die Schüler das Problemhaltige: die gleichförmige (stupide) Kraftanstrengung bei der Benutzung von Mörsern und Reibsteinen. Ist diese Anstrengung nicht ersetzbar? Wer oder was könnte antreiben? Wie müßte der Stößel bewegt werden? Dieses aktive Erfassen der Problemsituation ermöglicht eine genauere Formulierung der Aufgabe: die Arbeit mit Hilfe eines Fremdantriebs zu erleichtern. Aus der einsichtigen Problemerkfassung heraus gewinnt die Aufgabenstellung Sinn und Zweck für die Schüler.

Das Problem herausarbeiten:

Die eigentliche Schwierigkeit des Problems (hier die Bewegungsumformung) muß eingegrenzt und damit herausgestellt werden. Eine Veranschaulichung der Problemstellung, z. B. durch verdeckte Funktionsmodelle, hilft, eine klarere Vorstellung von der zu behebenden "Lücke" zu gewinnen.

Irrwege und Fehler im Problemlöseprozeß zulassen:

Lösungsversuche müssen in Schritten vollzogen werden können. Dazu muß das Unterrichtsgespräch auch zunächst noch diffuse oder nur teilweise richtige Lösungsansätze aufgreifen und ihre Klärung betreiben.

Enaktive Darstellung ermöglichen:

Der Lehrer sollte ausreichendes Probiermaterial zur Verfügung stellen. Es regt zur Lösungsfindung an ("Anregung von unten") und gibt Gelegenheit, Lösungsentwürfe konkret zu demonstrieren. Das probierende Handeln

erleichtert auch den wichtigen Vorgang der Überprüfung der Lösungsentwürfe, aus dem wieder Anstöße zu weiteren Lösungsfindungen hervorgehen können.

Ikonische Darstellung ermöglichen:

Wegen ihrer Dauerhaftigkeit und Anschaulichkeit eignet sich die Zeichnung hervorragend als Medium für die Darstellung der Lösungsentwürfe (falls der Problemgegenstand eine zeichnerische Darstellung überhaupt erlaubt). Auch sie hilft bei der Überprüfung der Lösungsentwürfe, läßt Fehler erkennen und provoziert weitere Lösungsfindungen. Zeichnerische Lösungen fallen leichter, wenn eine gegenständliche Anknüpfung gegeben ist. Im dargestellten Problemlöseprozeß erleichtert z. B. das verdeckte Funktionsmodell mit seinen sichtbaren Elementen die zeichnerische Darstellung.

Das gemeinsame Arbeiten am Problem fördern:

Schulisches Lernen ist auch oder sogar vorwiegend Lernen in der Gruppe. Die gemeinsame Arbeit am Problem wird gefördert, wenn es zu einem fruchtbaren Dialog unter den Schülern kommt. Einzelne Schülerbeiträge wirken in diesem Prozeß, sofern sie verstehbar geäußert werden, auf weitere Ideenfindungen befruchtend; sie erweitern das Anregungspotential, verkleinern durch Teillösungen die noch bestehende "Lücke" und präzisieren die Ziel- und Problemstellung.

Literatur

- DUNCKER, K.: Zur Psychologie des produktiven Denkens (1935). Berlin/Heidelberg/New York 1966.
- MÖLLER, K.: Handeln, Denken und Verstehen. Untersuchungen zum naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht. Essen 1990 (in Vorb.).
- MÖLLER, K.: Protokolle von Befragungen und unterrichtsähnlichen Situationen zu Themen des naturwissenschaftlich-technischen Sachunterrichts mit 9- bis 11-jährigen Schülern der Primarstufe. Münster 1988 (unveröff. Ms.).
- WERTHEIMER, M.: Produktives Denken. Frankfurt/M. 1957.
- WIESENFARTH, G.: Kontinuität oder Diskontinuität - eine überflüssige Diskussion? Beitrag in diesem Band.

KINDER BAUEN BRÜCKEN - ERKENNTNISPROZESSE BEIM KONSTRUIEREN

Elard KLEWITZ, Freie Universität Berlin

Ich möchte über eine von mir 1987 durchgeführte Untersuchung berichten, die ich immer wieder liegengelassen habe, weil es mir schwerfiel, die Lösungsbemühungen der Kinder, vor allem das erfolgreiche Handeln, das Umstrukturieren, nach einer langen Kette von Mißerfolgen befriedigend zu erklären.

Bei dieser Untersuchung ging es mir um den Zusammenhang zwischen produktiver Handarbeit und geistiger Arbeit. Ich suchte nach einem kognitiven, nur durch Handeln zu bewältigenden Problem, nach einem einfachen Beispiel, in dem handelnder Umgang mit den Dingen Kinder zur Erkenntnis- und Begriffsbildung führt.

Die Situation mußte so beschaffen sein, daß sie das Denken herausfordert.

"Das bedeutet: sie muß ein Handeln notwendig machen, das weder gewohnheitsmäßig noch nach Laune und Willkür erfolgen kann. Sie muß darum etwas darbieten, was neu (deshalb unsicher und problematisch) ist, aber doch mit bereits bestehenden Verhaltensweisen so weit in Zusammenhang steht, daß eine wirksame Reaktion ausgelöst wird." (DEWEY 1964, S. 206).

1 Überkragen mit Fröbel-Bausteinen

Um ein derartiges Handeln zu provozieren, arrangierte ich folgenden Versuchsaufbau: Die Kinder erhielten die Aufgabe, einen Fluß, dargestellt durch einen blauen Pappstreifen, mit Bauklötzen zu überbrücken. Pfeiler in der Flußmitte zu errichten, ging nicht, da das auf dem Fluß schwimmende Schiff dagegengestoßen wäre. Einen einfachen Steg aus zwei Stützen und einem Träger zu bauen, war ebenfalls nicht möglich, da die Länge eines Bausteins

keineswegs ausreichte, um den Fluß zu überbrücken. Das Problem war nur durch den Bau einer Kragbrücke zu lösen. Diese Brücke sollte einer Plastikkuh (einem leichten Tier) und einem schweren Elefanten den sicheren Übergang ermöglichen.

Das Überkragen - einen Zwischenraum dadurch zu überbrücken, daß die jeweils oberen Bauteile über ihre Unterstützung hinausragen - gehört zu den ältesten Bauverfahren überhaupt. Wir finden es bei Kragbrücken und im Kraggewölbe. Bekannte Kragkuppelbauten sind das Schatzhaus des Atreus in Mykene und die Kragkuppelhäuser in Apulien, die Trulli.

Das Überbrücken in Kragbauweise ist eine vorzügliche Aufgabe, um im produktiven, nacherfindenden Tun statische Gesetzmäßigkeiten empirisch zu erfahren, insbesondere die Gleichgewichtsverhältnisse überkragender Elemente. Hieraus läßt sich die Einsicht gewinnen, daß überkragende Bauteile durch Gegengewichte gesichert sein müssen. In der beschriebenen Versuchsanordnung war allerdings der Fluß so schmal, daß er auch ohne die Verwendung von Gegengewichten in freiem Vorbau überbrückt werden konnte. Dadurch wurde die Variation der Lösungsmöglichkeiten erhöht, und im Bauen unterübte Kinder - das traf auf die Mehrzahl zu - erhielten eine Chance.

Gebaut wurde ausschließlich mit quaderförmigen Holzbausteinen, die von der vierten Spielgabe FRÖBELs, dem in acht Quader aufgeteilten Würfel, abgeleitet sind.¹ Die aus Buchenholz gesägten Bausteine sind sorgfältig und genau gearbeitet, mit gut geglätteten Flächen, und farblos lackiert. Der Baustein in den Maßen 8 cm Länge, 4 cm Breite, 2 cm Höhe ist für Kinderhände gut zu fassen und gibt weiten Raum für selbständiges, phantasievolles Bauen. In Höhe/Breite/Länge verhält er sich wie 1:2:4 und entspricht damit den Proportionen des Backsteins.²

Der einfache Baustein ist zu selbständigem Gestalten weitaus besser geeignet als beispielsweise Spielmaterial aus Kuppeln, Turmspitzen, Dächern, dekorativen Abschlußsteinen, das nur in bestimmter Weise verwendet werden kann und deshalb lediglich eingegrenztes und einfallsarmes Bauen ermöglicht.

¹ Fröbel hatte alle Bauklötze eines Kastens aus einer gemeinsamen Form so entwickelt, daß sie zusammengestellt immer wieder diese Grundform ergeben.

² Eine Reihe vorzüglicher Unterrichtsvorschläge für das Bauen mit Fröbel-Bausteinen enthalten die Bücher von SCHIETZEL u.a. (1976, S. 20-30) und ULLRICH/KLANTE (1973, S. 97-113).

Auch die viel gekauften Legosteine weisen bei dieser Aufgabe gegenüber den Holzklötzen Nachteile auf. Durch ihre feste Verbindung wird das Problem des Gleichgewichts konstruktiv überspielt, wohingegen die lose aufeinander gelegten Holzbausteine Verstöße gegen statische Gesetze sofort anzeigen (häufig durch Zusammensturz).

Die Bauklötze besitzen schon für kleinere Kinder hohen Aufforderungscharakter, wie FRÖBEL deutlich macht, wenn er schreibt:

"Kinder zwischen 2 und 3 Jahren haben sich im hiesigen Kindergarten oftmals neben ihren nur ein paar Jahre älteren Geschwistern, welche wieder selbsttätig waren, wohl eine Stunde lang ganz still und immer verändernd tätig, mit dieser Gabe beschäftigt, bis sie endlich ganz sanft dabei einschliefen." (FRÖBEL 1962³, S. 58).

Freiwillige, von der Vorschule bis zur sechsten Klasse, beteiligten sich an dem Versuch. Die Lösung der Aufgabe reizte Mädchen und Jungen in gleicher Weise. Welche unterschiedlichen Lösungen das Baumaterial, vor allem aber die Überlegungen der Schüler, zulassen, das soll an einem Beispiel gezeigt werden.

Bei dem Versuch ging es um die Interaktion zwischen Handlung und Antwort des Materials. Genauer:

- Welche Strategien des Problemlösens werden zur Erreichung des Ziels entwickelt?
- Wie wird der Widerspruch zwischen einer Konstruktionsidee und dem Widerstand des zur Verfügung stehenden Materials gelöst?
- In welcher Weise beeinflussen die in den Handlungen impliziten Theorien die Lösungsstrategien?

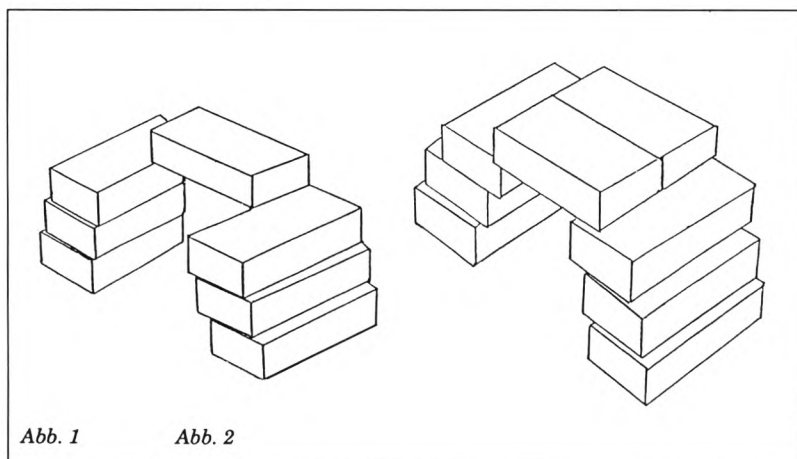
Darüber hinaus war die Aufmerksamkeit zu richten auf die Hand als Tast- und Sinnesorgan, als vielseitiges Werkzeug, aber auch "das Denken der Hand", wie es SCHIETZEL nennt, sollte erkannt werden.

"Die Hand aber ist in ihren Tätigkeiten nur recht verstanden, wenn man sie auch als ein geistiges Organ erkennt. Die Hand verwirklicht nicht nur, sie erzeugt auch Gedanken." (SCHIETZEL u.a. 1976, S. 10).

2 Protokoll eines Konstruktionsversuchs

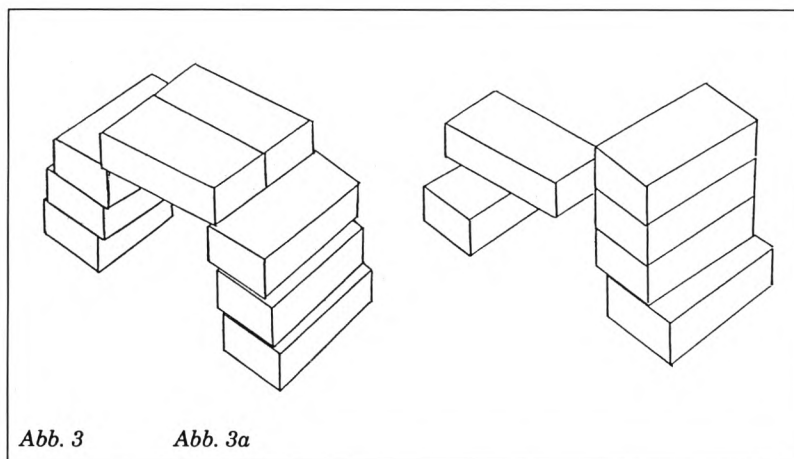
Im folgenden möchte ich die auf Videoband festgehaltenen Konstruktionsversuche von Andrea (3. Schuljahr, 9. Jahre alt) möglichst genau wiedergeben und anschließend interpretieren.

Nach einem kurzen Blick auf den ungeordneten Bauklotzhaufen nimmt Andrea einen Klotz in die rechte Hand und dreht und wendet ihn in verschiedene Richtungen. Danach legt sie jeweils einen Stein mit der Schmalseite an die beiden Flußufer. Auf den rechten versucht sie, einen längs auskragenden Stein zu legen. Als er wackelt, verändert sie die Stellung der beiden Klötze so, daß sie mit der breiten Seite auf dem Tisch aufliegen. Auf diesen Fundamenten aufbauend, überkragt sie den Fluß mit querliegenden Steinen. Als sie einen Stein in Längsrichtung auf die Mauern legt, stürzt die Brücke ein (Abb. 1).

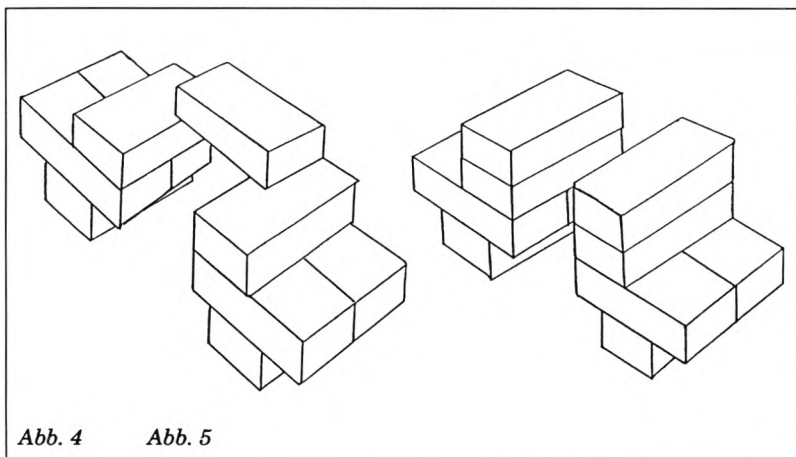


- Sogleich beginnt Andrea die gleiche Konstruktion von neuem, wobei sie sorgfältiger arbeitet als zuvor. Sie kragt die Steine vorsichtig aus und korrigiert zwei- bis dreimal ihre Lage. Beim Auflegen der Schlußsteine stürzt die Brücke ein (Abb. 2).

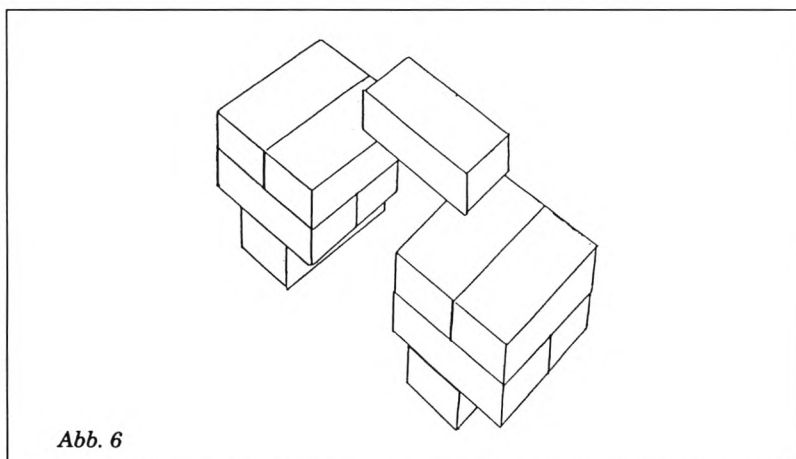
- Vor dem dritten Versuch wird der zu überbrückende Abstand verringert. Die Konstruktion der Brücke in der gleichen Weise wie vorher gelingt jetzt ohne Mühe (Abb. 3).



- Der Abstand wird wieder vergrößert, und Andrea baut erneut die gleiche Brücke. - Nach dem Zusammensturz entsteht wiederum eine identische Konstruktion, wobei Andrea sehr genau arbeitet und jeden Stein mehrfach zurechtrückt. Durch Druck mit den Fingerspitzen erprobt sie, wie fest die Steine aufliegen. - Wieder stürzt die Brücke beim Auflegen des letzten Steins ein, und sie beginnt erneut in der gleichen Weise. Im Bauprozess zeigt sich jedoch eine Variation. Den zweituntersten Stein auf der linken Seite hält sie für einen Augenblick in Längsrichtung über den Fluß, ehe sie wieder auf alte Art quer auskragt (Abb. 3 a). - Nach dem Einsturz legt sie einen Stein quer, darauf zwei in Längsrichtung, auf diese auf der Seite des Flusses einen Stein quer (Abb. 4). Mit der Konstruktion nicht zufrieden, packt sie noch einen Stein darauf (Abb. 5).



Mit dem Zeigefinger ertastet sie die Labilität der Konstruktion, und nach einem Augenblick des Überlegens legt sie den oberen Querstein hinter den unteren, so daß er als Gegengewicht dient (Abb. 6). Sie vervollständigt die Konstruktion mit zwei längs angeordneten Klötzen. Die Brücke hält und ist belastbar.



Auf meine Frage nach der Funktion der Gegengewichte sagt sie: "Dieser Stein macht, daß das nicht nach vorne kippt." - "Warum kippt es nicht nach vorne?" - "Weil hier ein Gewicht ist."

3 Analyse der Lösungsversuche

Das Auskragen in Querrichtung ist die Konstruktionsart fast aller Kinder ohne Erfahrungen mit Bauklötzen. Anfänglich ist dies wohl eine von sinnlichen Informationen getragene und am Ziel orientierte, noch nicht bewußte Handlungsweise, die sich erst allmählich zur reflektierten Konstruktionsidee verdichtet.

Diese Idee wird ohne Variationen verfolgt, allein sorgfältigeres Bauen soll zu positiven Ergebnisse führen, Mißerfolge vermögen den rigiden Konstruktionsplan über einen längeren Zeitraum nicht zu erschüttern. Retardierend wirkt zweifellos die geglückte Überbrückung bei geringerer Flußbreite. Doch der sich in den ersten Bewegungen andeutende, sicher noch nicht zu Ende gedachte, undifferenzierte andere Lösungsansatz gewinnt angesichts ständiger Mißerfolge zunehmend an Bedeutung und unterminiert damit die erste Lösung. Sichtbar ist das beim letzten Bauversuch nach der ersten Lösungsidee. Für einen Moment leuchtet eine andere Idee auf, aber noch einmal siegt der alte Plan. (siehe Abb. 3 a)

Doch von nun an werden die Handlungen in neuer Weise organisiert und reorganisiert. Durch Veränderung der Lage von Bausteinen und dem bewußten Wahrnehmen der veränderten Realität differenziert sich die vorerst globale Gestaltungsidee, und eine von der vorigen unabhängige und selbständige Lösung wird gefunden. Es handelt sich dabei um eine qualitative Veränderung im Konstruktionsverhalten, um eine Umstrukturierung im Wertheimerschen Sinne. (Vgl. WERTHEIMER 1964²).

Die erfolgten Lösungsversuche dürfen nicht als mechanische, ideenlose Wiederholungen mißverstanden werden. Sie machen mit den Bauklötzen vertraut und bahnen so den Weg zu einer Konstruktion, die die Möglichkeiten und Grenzen des Materials in Rechnung stellt. Sie sind damit die sensomotorische Voraussetzung für eine kognitive Rekonstruktion.

Das Verhältnis zwischen den das Bauen bestimmenden Vorstellungen und der praktischen Ausführung ist wechselseitig. Die häufigen Wiederholungen, die Reorganisation der Handlungen ergeben neue Feststellungen und Entdeckungen, die die Vorstellung regulieren, ebenso wie diese eine regulierende Wirkung auf die Handlungen ausüben.

"Ob das Bauen und Konstruieren gelingt, das bestimmt nicht nur die Idee, die zur Erfindung führt, sondern auch der kritische Dialog des jungen Schöpfers mit seinem Werk während der Entstehung." (SCHIETZEL u.a. 1976, S. 24).

Doch was treibt Andrea und andere an, 20 Minuten und länger konzentriert und ohne durch Mißerfolge entmutigt zu sein, zu bauen. Hans AEBLI (1976¹², S. 272) gibt darauf eine schlüssige Antwort, wenn er schreibt:

"Der Schüler ... entwickelt auch Freude an der Dramatik des Problemlösens, erlebt das ungelöste Problem als Stachel, der ihm keine Ruhe läßt. Holzwege ärgern ihn, lassen die Spannung ungemindert. Nach erfolgreicher Lösung jedoch empfindet er eine ähnliche Befriedigung wie der Bergsteiger, der den Gipfel erklommen hat, nicht mehr mit dem vor ihm liegenden Fels und Eis kämpft, sondern nun auf den Berg hinunter sieht, die Landschaft überblickt und versteht, wo er sich befindet und wie die Wege am Berg, die Erhebungen, die Bänder und die Übergänge zusammenhängen."

Mit dem Bergsteigerbeispiel spricht AEBLI das "Werkerlebnis" an. Wenn die Kinder die Aufgabe gelöst haben, halten sie häufig inne, atmen tief durch, lehnen sich zurück und betrachten eine Weile das entstandene Werk. Dieses Verhalten drückt tiefe emotionale Befriedigung über das fertige Produkt als Ergebnis ihres Tuns aus. Dieser sichtbare Erfolg des eigenen Handelns, der keiner Bestätigung durch Erwachsene bedarf, stärkt das Vertrauen in die kognitiven Fähigkeiten und manuellen Fertigkeiten.

4 Ergebnisse der Untersuchung

Alle von mir von der Vorschule bis zum sechsten Schuljahr beobachteten Kinder lassen sich in ihrem Bauverhalten drei Kategorien zuordnen:

- (1) Solche, die ihre nicht zum Erfolg führenden Konstruktionshandlungen ohne Variationen wiederholen in der vergeblichen Hoffnung, auf diese Weise doch eine haltbare Brücke zu bauen. Diese Kinder berücksichtigen die Objekteigenschaften nicht. Diese sind ihnen nicht bewußt. Sie sind ausschließlich auf ihre Handlungen fixiert.

(2) Kinder, die ihre Mißerfolge analysieren, d. h., denen die zum Zusammensturz führenden Objekteigenschaften bewußt werden und die durch verbesserte oder andersartige Konstruktionsideen schließlich das Problem lösen. Es sind Kinder, die durch ein Zusammenspiel zwischen Analyse und Entwickeln verbesserter oder neuer Konstruktionsideen, durch Denken und Handeln schließlich zum Ziel gelangen.

(3) Kinder, die die Konstruktion beherrschen. Sie gehen die Aufgabe zielbewußt an und brauchen nur wenige Probehandlungen, um zum Erfolg zu kommen. Die statischen Verhältnisse bei ihrer Konstruktion können sie erklären.

Unterschiede zeigen sich in der Reihenfolge von Denken und Handeln. Während bei jüngeren Kindern Planen und Ausführen eng miteinander verknüpft sind, Teileinsichten durch Probieren auf ihren Wert geprüft werden oder umgekehrt Probieren zu Korrekturen der Konzepte führt, durchdenken Ältere die gesamte Konstruktion, bevor sie an die Arbeit gehen. Das führte so weit, daß ein Schüler aus der sechsten Klasse 10 Minuten lang regungslos vor dem Fluß und dem Schiffchen saß. Sein Mienenspiel verriet angestrengtes Nachdenken. Schließlich sagte er, ohne auch nur einen Bauklotz in die Hand genommen zu haben: "Es geht nicht, die Brücke kracht zusammen!" Erst die Aufforderung, doch irgendetwas zu bauen, veranlaßte ihn, Holzbausteine anzufassen. Nach anfänglichem ziellosen Aufeinandertürmen wurde das Bauen zunehmend systematischer, und in kurzer Zeit löste er das Problem.

Ältere Kinder waren auch eher in der Lage, die statischen Verhältnisse an der Kragbrücke zu erklären. Dafür zwei Beispiele: Oliver, vierte Klasse, analysierte seine Konstruktion:

"Hält nicht. Wenn der Elefant noch raufkommt, würde er die Teile (auskragende Steine) noch runterdrücken. Die liegen zu weit vorne, dann haben sie kein Gleichgewicht. Wenn die weiter hinten liegen würden, dann würde das gehen, weil die mehr Gewicht, also mehr Balance hätten."

Und Georg, ebenfalls vierte Klasse, sagte zu seiner Brücke:

"Wenn der Stein (Gegengewicht) weg wäre, und der Elefant sich draufstellen würde, dann wäre der zu schwer und dieser (der auskragende Stein) würde nachgeben."

Und ein wenig später:

"Das ist besser, wenn das Gewicht hinten ist. Genauso wie bei einer Wippe, wenn Du hinten sitzt, ist es dann schwerer."

Die jüngeren Kinder vermögen durch das Bauen die Funktionszusammenhänge zu klären, haben aber Schwierigkeiten bei der sprachlichen Lösung. Das Handeln ist fortgeschrittener als das verbale Denken, das wohl zu einem Gutteil in einer Bewußtwerdung des Tuns besteht. Sie finden auch ihre Befriedigung im Erreichen des angestrebten praktischen Ziels und nicht in der Aussage oder Erklärung.

Die Einzelinterviews sind natürlich weit von sozialem Lernen im Unterricht entfernt. Um diesem ein wenig näherzukommen, böte es sich an, Brücken durch Zweierteams bauen zu lassen. Ich nehme an, daß die soziale Interaktion das Lernen befördert, daß aber die Dynamik dieser Situation Analyse und Interpretation der sich im Handeln ausdrückenden kognitiven Umstrukturierungen komplizieren wird.

Literatur

AEBLI, H.: Grundformen des Lernens. Stuttgart 1976¹².

DEWEY, J.: Demokratie und Erziehung. Braunschweig 1964.

Fröbels Theorie des Spiels III. Weinheim 1962³.

SCHIETZEL, C./VOLLMERS, CHR./SCHULZE-BIEHL, H./RAABE, H.: Erste Schritte in die Welt der Technik. Ravensburg 1976.

ULLRICH, H./KLANTE, D.: Technik im Unterricht der Primarstufe, Ravensburg 1973.

WERTHEIMER, M.: Produktives Denken. Frankfurt/Main 1964².

ERKENNEN VON NATURGESETZLICHKEIT - ASTRONOMIE IN DER PRIMARSTUFE

Roland SZOSTAK, Universität Münster

Herrn Professor Dr. Are MANN anlässlich seiner
Emeritierung gewidmet

In diesem Beitrag möchte ich auf ein Sachgebiet aufmerksam machen, das wie kaum ein anderes geeignet ist, einem originären Erkennen von Naturgesetzlichkeit den Weg zu bereiten.

Gerade die elementare Astronomie bietet sehr einfache und anschauliche Möglichkeiten, fundamentale Naturvorgänge unverfälscht zu beobachten und verständlich zu interpretieren. Bei der Betrachtung physikbezogener Alltagsvorgänge ist man sonst normalerweise mit der Überlagerung vieler störender Einflüsse konfrontiert, die man durch besondere Vorkehrungen ausschalten muß. Dadurch erscheint der betreffende Vorgang jedoch vom normalen Geschehen isoliert, und sein Ablauf wird nicht als Ausdruck einer fundamental wirksamen Naturgesetzlichkeit empfunden, sondern als etwas, was man nur unter besonderen Bedingungen herbeiführt. Ein überzeugendes Erkennen von Naturgesetzlichkeit wird auf diese Weise eher nur ausnahmsweise zustandekommen. Bei den Phänomenen aus dem Bereich der elementaren Astronomie ist dies anders. Die Bewegungen der Gestirne kann man und braucht man auch nicht zu manipulieren. Diese Vorgänge präsentieren sich von sich aus mit einer eindrucksvollen Regelmäßigkeit und Genauigkeit. Hier können Kinder erste überzeugende Erfahrungen erlebter Naturgesetzlichkeit machen.

Es ist kein Zufall, daß es der Menschheit mit dem Erkennen der Naturgesetzlichkeit ebenso erging. Kulturgeschichtlich hatte es große Auswirkungen, daß die Mechanik des ARISTOTELES qualitativ bleiben mußte, weil es nicht gelang, die Überlagerung störender Einflüsse abzutrennen. Das

einzigste, was sich im Vergleich zu allen anderen natürlichen Abläufen als frei von solchen komplizierenden Einflüssen präsentierte, waren die Bewegungen der Gestirne. Dort entstanden auch erste rationale Weltmodelle. Bekanntlich blieb die Erklärung der aus geozentrischer Sicht kompliziert erscheinenden Planetenbewegungen ein Problem. Bezeichnenderweise setzt hier PLATONS Aufforderung an, eine Lösung auf der Basis streng gesetzmäßiger, einfacher Grundbewegungen zu finden. Wenngleich die richtige Lösung des Problems bis zu KOPERNIKUS und NEWTON auf sich warten ließ, bleibt doch festzuhalten, daß mit der Lösung der Probleme der Himmelsmechanik der Durchbruch zum Verständnis strenger Naturgesetzlichkeit gelang. Dort hat die Menschheit die Naturgesetzlichkeit entdeckt.

Es ist kein Zufall, daß Kinder eine starke Motivation für Fragen und Phänomene der Astronomie zeigen. Besonders im Alter von 8 bis 12 Jahren ist eine hohe Sensibilität für diese Themen vorhanden. Das betrifft also auch Kinder in der Primarstufe. Das Kind, das sich die Welt um sich herum mit seinen Sinnen und geistigen Kräften erobert und deren Grenzen in wachsenden Ringen erweitert, das ferne Länder, Ozeane und Kontinente sehen lernt, will auch wissen, wie die ganze Erde beschaffen ist und wie der Himmel darüber. Es hat ein Bedürfnis, den Bau dieser Welt zu verstehen. Es hat ein Empfinden dafür, daß Tag und Nacht, Sonne und Mond ebenso wie die Sterne konstitutive Elemente dieser Welt sind.

Gerade der Aufbruch zu neuen Grenzen ist von besonderer Sensibilität begleitet, so daß dieser eine aufmerksame didaktische Zuwendung und Pflege verdient. Diese Inhalte haben zugleich existentielle Dimension. Gerade in dieser Orientierungsphase braucht das Kind den einfühlsamen, erfahrenen und kompetenten Partner, der ihm einen überzeugenden Zugang zu eigenen Erfahrungen und Antworten eröffnen kann. Ich möchte hier auch an den schönen Aufsatz von M. WAGENSCHIN "Die Erfahrung des Erdballs - Ein Beitrag zur genetischen Didaktik der Himmelskunde" (1967) erinnern. Es ist ein didaktischer Vorzug, daß dieses Gebiet ohne störende wissenschaftliche Verfremdung behandelt werden kann und zugleich eine Erfahrung darin entstehen läßt, wie unbeeinflussbar, wie verläßlich und streng Naturgesetze walten. Die Nichtmanipulierbarkeit dieser Objekte, der permanente Weiterlauf dieser Vorgänge, berührt eine existentiell tieferliegende Bewertungsebene als ein nach Absicht ablaufendes Tischexperiment, das

wieder beiseite geräumt wird. Diese fundamentale Erfahrung kann für ein späteres stabiles naturwissenschaftliches Verständnis konstitutiv sein. Hinsichtlich des Bildungsauftrages, den die Schule vorrangig zu erfüllen hat, empfiehlt sich die Pflege dieses Sachgebietes für einen sicheren Umgang mit naturgesetzlichen Vorgängen und für eine stabile Fundamentierung eines anschaulich erfahrenen naturwissenschaftlichen Weltbildes.

Nachfolgend möchte ich an einigen Beispielen zeigen, wie derartige Themen sich im Unterricht behandeln lassen, und zugleich zeigen, daß sich auf diesem Feld vieles neu gestalten läßt. Alle hier angeführten Darstellungsweisen wurden bei uns neu entwickelt und haben meines Wissens in vergleichbarer Form vorher nicht existiert. Ich hoffe, zeigen zu können, wie einfach und durchschaubar alle diese Themen zu behandeln sind. Und ich kann nicht umhin zu erwähnen, daß diese Unterrichtsweisen allen Beteiligten, Schülern, Lehrern und Studenten, einen ungeheuren Spaß bereitet haben. Bei den Schülern haben wir ein überaus beeindruckendes Motivationspotential entdeckt. Deshalb glauben wir, diese Darstellungsweise mit gutem Gewissen allen empfehlen können, die sich der Pflege dieses Gebietes annehmen wollen, und wünschen uns, dies mögen viele sein.

1 Die tägliche Sonnenbahn

Es gehört zu den primären Erfahrungen, daß der Tag damit beginnt, daß die Sonne aufgeht, und damit endet, daß sie untergeht. Ebenso gehört es zu frühen Erfahrungen, daß ein Platz, der zu einer bestimmten Tageszeit sonnig ist, zu einer anderen im Schatten liegt. Ein Zimmer, in das morgens die Sonne scheint, liegt nachmittags im Schatten. Daß die Sonne im Sommer mittags hoch am Himmel steht, ist eine ebenso unakademische Erfahrung.

Wir sagen, die Sonne wandert. Ein Stab, in den Sand gesteckt, wirft einen Schatten, der zeigt, aus welcher Richtung das Sonnenlicht die Erde bescheint. Es hat seinen spielerischen Reiz, diesen Stab als Sonnenuhr zu benutzen. Auf diese Weise wird der tägliche Weg der Sonne von Ost nach West problemlos erkennbar.

Wir sagen, die Sonne wandert. Wer aber hat sie wirklich wandern, also in Bewegung gesehen? Wenn wir nach einiger Zeit wieder auf unsere Sonnenuhr schauen, sehen wir nur, daß sich die Schattenposition verändert hat. Wir könnten versuchen, dieses Wandern etwas deutlicher werden zu lassen, indem wir den Stab und damit den Schatten entsprechend langmachen. Der Schatten des Stabes wird dabei indessen so unscharf, daß das Rezept nicht aufgeht.

Mit einer kleinen Vorkehrung können wir aber das Problem doch lösen, wenn wir ein Zimmer mit Fenstern nach Osten haben, so daß in den Morgenstunden die Sonne tief in das Zimmer hineinscheint, unter Umständen bis auf die entgegengesetzte Wand (Abb. 1). Dann betrachten wir ein ausgewähltes dünnes Lichtbündel des Sonnenlichtes, das auf einen markierten Punkt dieser Wand fällt. Dazu halten wir ein Stück Pappe, sagen wir, von DIN A4-Größe, mit einer Öffnung von etwa 1 cm Durchmesser, gegen das Fenster. Wenn der markierte Punkt an der Wand symmetrisch in der Mitte des Lichtflecks bleiben soll, dann müssen wir schon nach kurzer Zeit, etwa nach 10 bis 15 Sekunden, die Blende am Fenster etwas verschieben. Über einige Minuten hinweg stellen wir fest, daß die Blende am Fenster insgesamt um eine ansehnliche Strecke verschoben werden muß. So schnell also wandert die Sonne. Man kann sie fast wandern sehen; zumindest ist man so nahe daran, daß diese Bewegung erfahrbar wird.

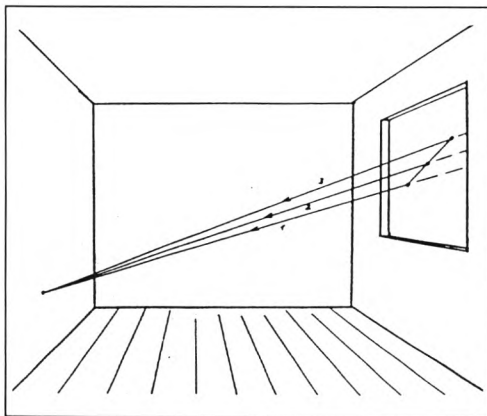


Abb. 1:
Sonnenbahn am Fenster

Wir können das Ergebnis anschaulich festhalten, indem wir am Fenster mit

einem Filzstift jeweils in der Mitte des Blendenloches einen Punkt zeichnen. Wenn wir dies über etwa 5 bis 10 Minuten hindurch fortsetzen, wird die Bewegung durch eine Punktreihe markiert. Werden diese Markierungen in zufälligen Zeitabständen vorgenommen, liegen die Punkte zwar auf einer geraden Linie, aber in unregelmäßigen Abständen. Es legt sich also der Gedanke nahe, die Markierung in gleichen Zeitintervallen, z. B. in Abständen von 5 Minuten, vorzunehmen. Dann erhält man eine wunderschön gleichmäßige Perlenschnur aus Punkten. Man sieht plötzlich, wie gleichmäßig die Sonne ihre Bahn zieht. Man kann nun den Ehrgeiz erwecken lassen, es möglichst genau zu machen. Das wird sich lohnen. Teamarbeit ist dabei geradezu ideal. Aus einer ersten Gruppe am Fenster darf jeweils ein Schüler die Blende am Fenster halten und justieren. Das erfordert Geschick. Eine zweite Gruppe beobachtet den Lichtfleck an der Wand und teilt mit, ob und in welcher Richtung er zu korrigieren ist. Eine dritte Gruppe achtet auf die Zeit. Dann wird möglichst genau in der Mitte der kreisförmigen Blendenöffnung mit Filzstift ein Punkt auf der Fensterscheibe angebracht. So geht es fortlaufend weiter. Um die Meßpunkte am Fenster deutlicher sichtbar zu machen, klebt man gelbe runde Preisetiketten auf, die man im Papierwarengeschäft erhält. Es ist zweckmäßig, aus diesen Etiketten zuvor ein kleines Loch auszustanzen, damit sich jedes Etikett mit großer Genauigkeit mittig auf den Meßpunkt setzen läßt. Insgesamt erhält man so eine sehr anschauliche und ästhetisch schöne Wiedergabe der Sonnenbahn. Eindrucksvoll an dem Ergebnis ist, mit welcher Präzision die Meßpunkte auf dieser Bahn sitzen. Hier führt uns die Natur vor Augen, wie genau sie arbeitet. Die Präzision eines Naturgesetzes wird zum ersten Mal klar dokumentiert spürbar.

Hier einige Daten: Nehmen wir zwischen Blende und festem Projektionspunkt einen Abstand von 4,5 m an. Scheint die Sonne nicht mehr ganz flach in das Zimmer und gelangt nicht mehr auf die gegen überliegende Wand, kann man auch mitten im Zimmer einen festen Bezugspunkt herrichten. Er muß nur fest und unverrückbar sein und eine weiße Fläche aufweisen, die möglichst senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen orientiert ist. Bei einem Abstand von 4,5 m wandert der Meßpunkt am Fenster innerhalb von 5 Minuten um jeweils etwa 10 cm! (Abb. 2) Innerhalb von 15 Minuten besitzt man bereits 4 Meßpunkte auf einer Bahn von etwa 30 cm Länge. Das mag für einen ersten interessanten Eindruck bereits genügen. Nach einer ganzen Stunde erhält

wird bewegt. Im Grunde hat sich an dem Prinzip Sonnenuhr nichts geändert. Woher dann diese überraschende Genauigkeit? Der Gewinn an Genauigkeit wird durch die Fähigkeit des Auges erzielt, Symmetrie sehr genau zu bewerten. Es ist so ähnlich wie beim Aufhängen eines Bildes. Die Bewertung durch das Auge, ob das Bild schief oder gerade hängt, gelingt millimetergenau. In unserem Fall bewertet das Auge, ob sich der schwarze Justierpunkt an der Wand in der Mitte des hellen runden Lichtfleckes befindet. Das gelingt, obwohl der Lichtfleck keine sehr scharfe Schattengrenze hat, mit überraschender Genauigkeit. Es ist also die Symmetriebewertung, die uns den Genauigkeitsgewinn beschert und diese einfache Sonnenuhr allen anderen überlegen sein läßt. Die Genauigkeit sinkt drastisch, wenn die Symmetrie gestört ist, wenn beispielsweise Zweige oder dünne Äste der Bäume vor dem Fenster in den Strahlengang geraten. Man sollte also darauf achten, daß solche Störungen nicht auftreten.

Soviel über technische Details. Nun zu den Reaktionen der Kinder: Einstieg, Erkundung, Planung, teamartige Durchführung und Verständnis vollziehen sich problemlos und mit großartiger Motivation. Und das Ergebnis der Messung, die schmuckvolle Kette gelber Etiketten, die die Sonnenbahn markiert, ziert das Klassenzimmer und bleibt eine sinnfällige Erinnerung, die ihre Inhalte täglich noch lange vor Augen führt.

Die geschilderte Registrierung der Sonnenbahn ist also in der Primarstufe hoch motivierend und vom Verständnis her kein Problem. Wenn man die Messung zur selben Uhrzeit ein paar Tage später wiederholt, bekommt man andere Punkte! Sie ergeben zwar wieder eine Bahn gleicher Art und gleicher Richtung, jedoch etwas parallel versetzt. Auch dieser Befund läßt sich im 4. Schuljahr problemlos einordnen. Er zeigt auf anschauliche Weise, wie die Sonne beispielsweise im Frühjahr von Tag zu Tag höher steigt. So läßt sich ein Einstieg in das jahreszeitliche Verhalten gewinnen. Am deutlichsten ist diese Verlagerung der Bahn im Bereich der Äquinoktien. Diese Jahreszeiten sind auch deswegen zu bevorzugen, weil sie einen geeigneten Lichteinfall in den ersten Schulstunden bieten.

Aus dem Winkel, den die aufsteigende Sonnenbahn gegenüber der Horizontalen am Fenster aufweist, kann man außerdem direkt den Breitengrad des eigenen Ortes ablesen. Denn die Sonnenbahn zeigt ja

unmittelbar die Orientierung der Äquatorebene. Man kann diesen Zusammenhang besonders einfach demonstrieren, indem man einen Globus so danebenhält, daß sich der Wohnort zuoberst befindet. Ich habe dazu an dem Wohnort auf dem Globus eine kleine Bohrung angebracht, so daß der Globus dort an einer Schnur hängen kann. Um den örtlichen Horizont zusätzlich zu verdeutlichen, kann man außerdem einen kleinen Pappteller auf die Schnur fädeln und auf dem Globus aufliegen lassen. Durch die Übereinstimmung zwischen Sonnenbahn und Äquatorebene wird zugleich erkennbar, daß diese Sonnenbahn durch die Erdrotation entsteht. Auch die Richtung der Erdachse geht aus dieser Demonstration anschaulich hervor.

Lassen Sie mich die Auswertung noch um ein kleines Stück weiter verfolgen, die dann zwar nicht mehr in die Primarstufe, sondern in die Sekundarstufe II gehört! Die genannte Wiederholungsmessung zur gleichen Uhrzeit nach einigen Tagen zeigt eine weitere Überraschung. Die Sonne kommt beispielsweise etwas verspätet (Abb. 2). Sie geht also nach! Die Sonne läuft also nicht so gleichmäßig, wie wir annahmen. Es handelt sich dabei um eine gesetzmäßige Abweichung, die in der Astronomie als Zeitgleichung bezeichnet wird. Dies hängt einerseits mit der elliptischen Erdbahn und andererseits mit der Neigung der Äquatorebene gegenüber der Erdbahn zusammen. Ihre Analyse ist nicht so elementar und verlangt ein intellektuelles Niveau, das der Sekundarstufe II entspricht. Auch diese gesetzmäßigen Abweichungen bekommt man mit unserer Meßtechnik am Fenster mit einer so eindrucksvollen Genauigkeit geliefert, daß es interessant wird, sie entsprechend zu analysieren. Ein Thema kann die Zeitgleichung dort durchaus sein, weil sie von Amateurastronomen dieses Alters durchaus benutzt wird. Es ist gut, wenn der Lehrer sich darin auskennt.

Ich sehe es als einen großen Vorzug an, daß diese einfache Registrierung der Sonnenbahn in so sehr verschiedenen Altersstufen eingesetzt werden kann. Dies begünstigt Kontinuität. So kann man jede Altersstufe adäquat ansprechen und einen langfristigen Wachstumsprozeß kontinuierlich fördern.

2 Projektion des Sternenhimmels im Klassenzimmer

Kinder sind begeistert von den Sternen. Man sollte sie auch dazu anregen, dieses großartige Schauspiel der Natur, das die Menschen aller Kulturen fasziniert hat, aufmerksam zu betrachten. Das beste wäre natürlich eine gemeinsame abendliche Unternehmung. Dies hat bekanntlich in der Praxis seine organisatorischen Grenzen. Bei einem Schullandaufenthalt sind dafür indessen optimale Voraussetzungen gegeben.

Für das Klassenzimmer sind Sternkarten sehr anschaulich. Zur gemeinsamen Betrachtung ist eine projizierbare Sternkarte von großem Vorteil. Man könnte auf einer Overheadfolie mit Filzstift selbst Sternbilder aus Punkten skizzieren. Es gibt im Handel derartige Sternkarten, die diese Sternpositionen mit wesentlich mehr Präzision und zusätzlichen Angaben bieten.

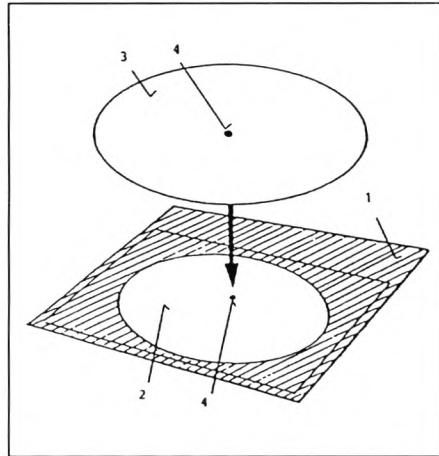
Ein Nachteil dieser Darbietungsweise indes ist der Umstand, daß die Hell-Dunkel-Verhältnisse falsch sind. Da werden dem Auge dunkle Sterne auf hellem Nachthimmel angeboten. Diese Verfremdung ist nachteilig. Auge, Gefühl und Verstand wären dankbar für mehr Nähe zum Gegenstand, wenn da helle Sterne auf dunklem Himmelsgrund leuchten. Das aber läßt sich auf einfachste Weise herbeiführen: Nehmen Sie ein Stück Pappe, groß genug, um die Lichtaustrittsfläche des Overheadprojektors völlig zuzudecken. Stechen Sie mit einer Stecknadel ein Muster hinein, das einem Sternbild entspricht, z.B. den großen Wagen. Projizieren Sie diese Lichtpunkte in einem gut abgedunkelten Raum, und Sie haben ein herrliches Schauspiel in Gang gesetzt, das den Kindern - und nicht nur den Kindern - eine viel größere Nähe zu dem originalen Schauspiel in der Natur verschafft! Die Motivation der Kinder ist Ihnen sicher, zumal sie diese Sternbilder selbst herstellen können.

Wir haben nach demselben Prinzip den ganzen nächtlichen Sternhimmel projiziert. Es ist überraschend, wie eindrucksvoll sich dies im abgedunkelten Klassenzimmer präsentiert. Wir haben damit beispielsweise mit 40 Schülern im 4. Schuljahr über zwei Stunden hinweg im Dunkeln gearbeitet, ohne daß Ermüdungserscheinungen oder Disziplinprobleme erkennbar gewesen wären. Ein Unterfangen, das normalerweise als ein Unding zu bezeichnen ist. Am besten beginnt man schrittweise mit einigen ausgewählten Sternbildern, z. B.

dem Wagen, dem Löwen, dem Orion und der Cassiopeia, die sich alle sehr anschaulich in ihrer figürlichen Struktur kommentieren lassen. Diese Auswahl läßt sich ganz einfach dadurch realisieren, daß man die gelochte Sternkarte mit einem Bogen Papier zudeckt, der nur an entsprechend ausgeschnittenen Stellen einzelne Sternbilder zur Projektion freigibt. Das Auge nimmt jedes dieser Sternbilder und ihre gegenseitige Lage aufmerksam in sich auf. Legt man die Abdeckung dann weg, so erkennt das Auge aus dem gesamten projizierten Sternenhimmel mühelos die eingepprägten Sternbilder. Ein Behaltenstest nach 6 Wochen bei Kindern im 4. Schuljahr zeigt eine ausgezeichnete Stabilität. Wir haben diese Projektion des Sternhimmels noch etwas vervollständigt, indem wir auch seine Drehung um den Polarstern zeigen. Dazu haben wir die gelochte Sternscheibe mittels eines Druckknopfes auf einer transparenten Unterlage drehbar montiert. Man kann so sehr schön zeigen, wie sich der gesamte Sternhimmel im Laufe der Nacht dreht, und die Besonderheit des Polarsterns herausstellen. Es ist überraschend, wie schnell die Kinder von sich aus äußerten, diese Erscheinung komme durch die Drehung der Erde zustande. Von hier aus ist es ein leichter Weg zu dem Verständnis, daß die Erdachse in Richtung Polarstern weist und deshalb der ganze Sternhimmel um diesen rotierend erscheint. Es ist erstaunlich, wie hier bei Kindern dieses Alters bereits eine Sichtweise erkennbar wird, die den Weltraum als großes ruhendes Umfeld und die Erde als darin rotierend einordnet, und zwar aus der Sicht dieses rotierenden Bezugssystems heraus. - Wir haben diese Projektion noch weiter vervollständigt, um zu berücksichtigen, daß der lokale Horizont bei dieser Rotation nur jeweils einen Teil des nördlichen Sternhimmels anbietet. Dazu ist die erwähnte Unterlage nur in dem Teil transparent gehalten, der dem lokalen Horizontausschnitt entspricht (Abb. 3). Der übrige umrandende Teil dient gleichzeitig der Lichtabdeckung. Dann sieht man die Sterne am östlichen Horizont auf- und am westlichen Horizont untergehen. Damit wird auch der tägliche Lauf der Sonne in derselben Richtung in diesen Umschwung des Sternhimmels eingebunden, und beide Phänomene werden anschaulich aus der Rotation der Erde heraus begriffen.

Abb. 3:

- 1: Teil A, Grundplatte, Horizontfenster ausgeschnitten.
- 2: Fensterfolie, auf Teil A befestigt.
- 3: Teil B, Sternscheibe mit durchgestochenen Löchern.
- 4: Druckknopf als Drehachse



Da diese Projektion des Sternenhimmels eine so schöne Atmosphäre im Klassenzimmer erzeugt, haben wir uns dazu einiges mehr ausgedacht. Wir können die Sterne auch funkeln lassen! Das Funkeln der Sterne aber ist ein idealer Ausgangspunkt für Themen über die Erdatmosphäre. - Wie aber erzeugen wir diesen Effekt auf dem Overhead-Projektor? Wir legen eine transparente Overheadfolie mit einem Linienmuster auf die Sternenscheibe. Dadurch wird rein zufällig die Projektion einiger Sterne behindert. Bewegt man dieses Linienmuster, dann wechseln die Bedeckungen. Diese fluktuierenden Beeinträchtigungen ergeben den Gesamteindruck des funkelnden Sternenhimmels.

Wir haben diese ganze Anordnung als Selbstbausatz entwickelt. Vorläufig kann man diesen Selbstbausatz bei uns beziehen. In absehbarer Zeit wird er aber hoffentlich auch über einen Verlag erhältlich sein. Wir haben über diese sehr einfache und billige Projektionstechnik hinaus eine Projektionsweise mit Hilfe von Polarisationsfolien entwickelt, mit der sich eine ganze Reihe weiterer, interessanter Phänomene behandeln läßt.

Gehen wir davon aus, daß wir uns mit Hilfe der bisherigen Projektion einen Einblick in die Rotation des Sternenhimmels verschafft haben. Bei einer vollen Drehung sehen wir alle Sterne an uns vorbeiziehen, die von unserem

Wohnort auf der nördlichen Erdhalbkugel gesehen werden können. Ein Teil dieser Drehung liegt jedoch innerhalb der Tageszeit, in der die Sonne ihre Bahn in ähnlicher Weise über den Himmel zieht. Hierdurch wird einsehbar, daß die Sterne tagsüber genau so über uns am Himmel stehen wie nachts; eine Tatsache, die den meisten Menschen überhaupt nicht bewußt ist. Also sind die Sterne tagsüber nur deswegen nicht sichtbar, weil die Atmosphäre durch das Flutlicht der Sonne überstrahlt ist. Beobachtbar ist dies in der Dämmerung, in der einige besonders helle Sterne aus dem Himmelshintergrund auftauchen.

Diesen Vorgang können wir auf dem Overheadprojektor simulieren, indem wir zwei Polarisationsfolien gegeneinander verdrehen, von denen eine das Muster der Fixsterne als Bohrungen enthält. Bei gekreuzten Polarisationsrichtungen ist der Himmelshintergrund dunkel. Nur die gebohrten Fixsterne erscheinen als helle Lichtpunkte. Dreht man die andere Polarisationsfolie in Richtung paralleler Polarisierung, so hellt sich der Himmelshintergrund auf. Die Helligkeit der Sterne bleibt dabei unverändert, aber sie verschwimmen zusehends in der allgemeinen Helligkeit. Ebenso läßt sich umgekehrt simulieren, wie in der abendlichen Dämmerung die Sterne aus dem Himmelshintergrund auftauchen und zunehmend an Leuchtkraft und Brillanz gewinnen, wenn die nächtliche Dunkelheit erreicht wird. - Diese Darbietung auf dem Overheadprojektor hat den Vorteil, den Vorgang in Zeitraffung zu verdeutlichen. Sie kann dazu motivieren, daß wir lernen, uns Zeit zu nehmen, um die Natur zu belauschen und geduldig zu beobachten; eine Tugend, die uns weitgehend abhandengekommen ist. Dieses für sich wäre bereits ein lohnendes didaktisches Ziel.

In diesen nächtlichen Himmel läßt sich nun Bewegung hineinbringen. Beispielsweise kann man die leuchtende Mondsichel durch diesen projizierten Nachthimmel hindurchgleiten lassen. Das ist für den Betrachter zunächst überraschend, wird aber erreicht, indem wir ein doppelbrechendes Material zwischen die beiden gekreuzten Polarisationsfolien bringen. Das doppelbrechende Material erzeugt aus der linearpolarisierten Lichtwelle eine zirkularpolarisierte. Diese enthält dann eine Komponente, die durch die zweite Polarisationsfolie hindurchgehen kann. Also eine alte Lehrbuchweisheit. Geben wir dem zirkularpolarisierenden Material die Gestalt einer Mondsichel, dann leuchtet diese am projizierten Nachthimmel inmitten der Sterne. Glücklicherweise ist bereits Tesafilm als doppelbrechendes

Material für diesen Zweck geeignet. Auf einem transparenten, optisch inerten Träger, z. B. auf Glas oder Plexiglas, kann diese Mondsichel durch diesen Nachthimmel hindurchbewegt werden. Ebenso kann man auch eine Rakete durch den Weltraum fliegen lassen.

Thematisch von besonderem Interesse ist natürlich die Möglichkeit, einen Planeten seine Schleifenbahn ziehen zu lassen. Allerdings ist das kein Stoff für die Primarstufe. Wiederum zeigt sich, wie man diese Darstellungen kontinuierlich über viele Altersstufen hinweg fortsetzen kann. Gerade deswegen ist es so wichtig, mit dieser Sequenz in der Primarstufe zu beginnen. Ohne früh erworbene Grundlagen steht vieles später auf schwankendem Boden.

Wertvoll sind diese Darstellungen insbesondere zur Vorbereitung eines Planetariumsbesuchs. Das Planetarium bietet diese Phänomene mit wesentlich besserer Perfektion. Aber während die Show läuft, kann man keine Fragen stellen. Das aber läßt sich bei der Projektion im Klassenzimmer bis in alle Einzelheiten gemeinsam diskutieren. Schüler, die so vorbereitet einen Planetariumsbesuch erleben, werden das Gezeigte mit sehr viel mehr Gewinn sehen und in seinen Zusammenhängen verstehen. Wir möchten infolgedessen die Planetarien dafür gewinnen, den Lehrern, die einen Planetariumsbesuch anmelden, dieses Projektionsmaterial anzubieten.

Lassen Sie mich noch kurz ein paar weitere Effekte nennen, die man mit der Lichtpolarisation erzeugen kann. So lassen sich beispielsweise leuchtende Koordinatenlinien und leuchtende Beschriftung einblenden, wie dies im Planetarium durch zusätzliche Projektion geschieht. Von Interesse ist auch das Einblenden von Verbindungslinien zwischen den Sternen, die die Sternbildfiguren verdeutlichen. Diese Verbindungslinien lassen sich stufenlos wieder wegblenden, um kommentierend zu verdeutlichen, daß die hineingedachten Figuren lediglich Gebilde der menschlichen Phantasie sind. Hier hat der Unterricht eine wichtige Aufgabe, gegen Astrologie und weit verbreitete irrationale Vorstellungen aufklärend zu wirken.

Die Simulation der Dämmerung läßt sich noch mit einer sehr schönen zusätzlichen Eigenschaft verbinden. Bringt man zwischen die gekreuzten Polarisationsfolien ein doppelbrechendes Material, das bei geeigneter Schichtdicke durch Interferenzeffekte bestimmte Wellenlängenbereiche bevor-

zugt, dann erhält man eine farbige Aufhellung. Durch entsprechende Drehung lassen sich die Farbe und deren Sättigungsgrad variieren. Auf diese Weise gelingt es, bei der Simulation der Dämmerung den nachtschwarzen Himmel kontinuierlich über ein sattes Himmelsblau in helles weißliches Blau zu überführen, in dem die Sterne versinken. Natürlich hat eine solche Darbietung einen hohen affektiven Wert. Physikalisch interessant ist, daß sich so großflächige Interferenzen mit guter Qualität so einfach herstellen lassen. Denn als doppelbrechendes Material, mit dem dies ausgezeichnet gelingt, kann man Blumenfolie aus der Blumenhandlung verwenden.

Durch das zusätzliche Einbringen von Schattenkörpern lassen sich die Darstellungsmöglichkeiten nochmals erweitern. Die helle Mondsichel beispielsweise ist ja nur ein Teil des ganzen Mondkörpers. Den sichelförmigen doppelbrechenden Tesafilm auf dem mechanischen Träger ergänzen wir durch dunkles Papier zum vollen Kreis. Zunächst sieht man in der Projektion unverändert nur die helle Mondsichel. Hellt man durch leichtes Verdrehen der einen Polarisationsfolie den Himmelshintergrund etwas auf, wird der restliche dunkle Teil der Mondsichel ebenfalls sichtbar, und man erkennt die Mondsichel als einen Teil der ganzen Kugel. Dieses Verfahren fördert das gestaltliche Sehen in Zusammenhängen. - Außerdem kann damit Sternbedeckungen vorführen, ein bei Hobbyastronomen beliebtes Thema. Übrigens ein schon in der Antike bekannter Beweis dafür, daß der Mond näher ist als die Sterne.

Interessant ist es auch, den Erdschatten am nächtlichen Himmel auf ähnliche Weise sichtbar zu machen, indem man den Himmelshintergrund vorübergehend leicht aufhellt. Kehrt man in der Projektion wieder zum dunklen Himmelshintergrund zurück, so ist dieser Erdschatten ebenso wie in der Natur nicht mehr sichtbar, aber man weiß jetzt, wo und mit welcher Gestalt er sich befindet. Der vom Sonnenlicht erfüllte leere Weltraum über uns erscheint uns ja schlichtweg deswegen als dunkel, weil man Licht nicht sehen kann, wenn es nicht ins Auge gelangt. Es müßte schon jemand da oben so eine Art Projektionsfläche hinhalten. Genau das aber tut die Natur gelegentlich von sich aus. Wenn nämlich der Vollmond in ihn hineintaucht, dann sehen wir diesen Schatten unserer Erde im Weltraum. Und das ist eigentlich das an einer Mondfinsternis didaktisch Interessante: Wir sehen am Himmel unsere Erdkugel original abgebildet! Übrigens ein alter Beweis für die Kugelgestalt

der Erde, den schon Aristoteles kannte.

Dieses Szenario läßt sich mit unserer Projektionsweise sehr vorteilhaft darstellen. Es geht dabei weniger um eine künstliche Nachahmung der Mondfinsternis, als vielmehr darum, die Aussagekraft dieses großen Schattenspiels, das uns die Natur vorführt, anschaulich auszuschöpfen. Wir nutzen dabei den Vorteil, daß wir die volle Gestalt des Erdschattens am Himmel in unserer Projektion zwischendurch nach Wunsch sichtbar machen können. In der Natur ist die Analyse der kreisförmigen Gestalt dieses Schattens etwas schwieriger, weil wir bei jeder Mondfinsternis jeweils nur einen kleinen Teil seiner Kontur zu sehen bekommen. Es brauchte also ursprünglich die Erfahrung vieler Mondfinsternisse, um die Kugelgestalt der Erde zu bestätigen. In unserer Projektionsweise läßt sich die Zusammenschau spielerisch leicht herbeiführen.

3 Die Entstehung der Jahreszeiten

Zum Schluß ein weiteres Alltagsphänomen aus dem Bereich der elementaren Astronomie, für das wir eine didaktisch sehr wirksame Zugangsweise gefunden haben. Es betrifft das Zustandekommen der Jahreszeiten, ein Thema, das bislang eigentlich nur in der Sekundarstufe II unterrichtet werden konnte.

Bekanntlich handelt es sich um ein weithin sehr schlecht verstandenes Phänomen. Befragungen zeigen, daß hierin überwiegend völlige Ahnungslosigkeit herrscht oder daß man bestenfalls eine Änderung der Entfernung der Sonne von der Erde als Erklärung heranzieht. Wir selbst haben diese Erfahrungen bei Befragungen von Passanten und Studenten auf dem Universitätsgelände gemacht. Ebenso die Ergebnisse eines Anfangstests in einer Gruppe von 30 Lehrern, die auf einer Lehrerfortbildungstagung an einem Astronomiekurs teilnahmen: Von 30 Teilnehmern hatten nur 17 den Mut zu einer Antwort. Davon nannten 14 das Entfernungsargument. Es gab 3 richtige Antworten, die aber ihrerseits alle den Zusatz enthielten, es wirke wohl auch die Entfernung mit.

Nun ist die herkömmliche Erklärungsweise der Jahreszeiten in der Tat mit

einigen Schwierigkeiten behaftet. Man untersucht dabei die Einfallswinkel des Sonnenlichtes an bestimmten Orten auf der Erdkugel. Der Betrachter muß sich dabei in verschiedene, gegenseitig gekippte lokale Bezugssysteme hinein-denken. Die Einsicht, daß dies unsere Jahreszeiten wiedergibt, wird nur auf intellektueller Ebene erlangt. Notwendigerweise muß sich diese Analyse auf die mittäglichen Einfallswinkel zum Zeitpunkt der Solstitien beschränken, damit die Darstellung innerhalb der Zeichenebene gelingt. Eine Einbeziehung der Rotation und der Bahnbewegung der Erde führt indessen zu heillosen Komplikationen. Insofern erzeugt diese Analyse den Eindruck eines Teilaspektes, der den ganzen Vorgang nur sehr unvollständig erfäßt.

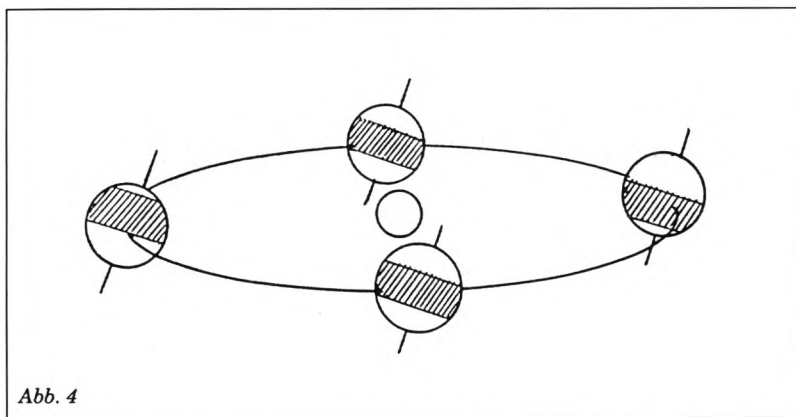
Unser Modell geht von einem völlig anderen Ansatz aus, nämlich daß die Jahreszeiten als Temperaturunterschiede erlebt werden, daß man z. B. im Sommer baden gehen kann und es im Winter schneit. Die Beobachtung, daß der Lichteinfallswinkel im Sommer und Winter verschieden ist, ist keine so primäre eigene Erfahrung. Sie wird zwar akzeptiert, dringt aber weniger in die Erlebnissphäre. Unser Modell knüpft also an das didaktisch entscheidende Merkmal der Jahreszeiten an.

Wir benutzen eine Modellkugel, die sich bei Erwärmung reversibel verfärbt. Halten wir die Modellkugel in einen gerichteten Wärmestrahle, dann bildet sich auf der gelben Modellkugel ein roter Fleck, der die Erwärmung anzeigt. Drehen wir die Kugel in der Hand Stück für Stück gewissermaßen um eine vertikale Achse, dann setzen sich diese roten Kleckse, einander überdeckend, aneinander. Insgesamt ergibt sich ein roter Ring auf der Modellkugel. So wird unmittelbar einsichtig, wie dieser äquatoriale Ring auf der rotierenden Modellkugel den Bereich der stärksten Erwärmung anzeigt. An den Polen bleibt es kalt. Das sind Merkmale, die die Schüler mit elementarsten Grundkenntnissen sofort als zutreffend einordnen.

Nun aber zu der Frage der Jahreszeiten: Wir können es mit einer Abstands-änderung gegenüber der Wärmequelle versuchen.

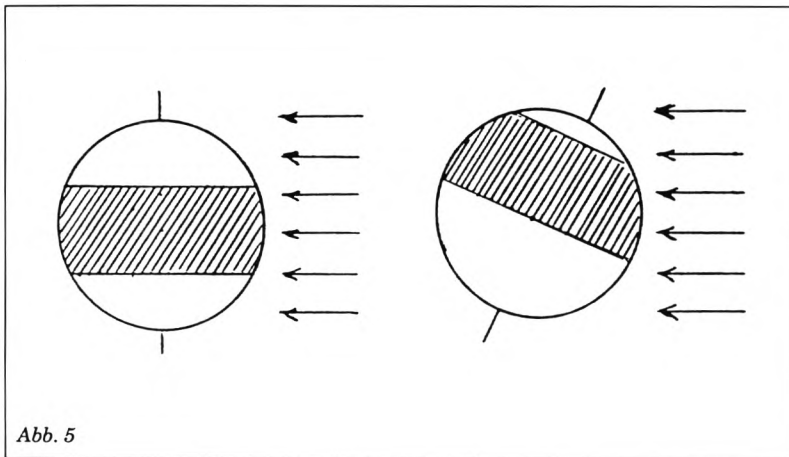
Der rote Ring wird dann entsprechend breiter oder schmaler. Das zeigt zwar eine Temperaturvariation, wie wir sie für unseren Wohnort suchen, allerdings mit einem Schönheitsfehler. Denn demnach träten auf nördlicher und südlicher Halbkugel Sommer und Winter immer gleichzeitig auf. In der Natur

aber sind sie auf den beiden Hemisphären stets komplementär zueinander. Der Ring müßte also, wenn wir Sommer haben, weiter zu uns heraufreichen und auf der südlichen Halbkugel zurückweichen, weil dann dort Winter ist. Das läuft darauf hinaus, daß sich der Ring insgesamt achsial nach Norden verschieben müßte. Das aber findet man, wie unsere Unterrichtserfahrung zeigt, alsbald beim Hantieren mit der rotierenden Modellkugel heraus (Abb. 4).



Der Ring verschiebt sich achsial, wenn die Rotationsachse der Kugel etwas schräg zur Einstrahlungsrichtung gehalten wird. So bekommen wir das richtige Ergebnis mit nördlichem Sommer bei südlichem Winter. Die Probe aufs Exempel kann man machen, indem man nach einem halben Bahnlauf den nördlichen Winter erzeugt. Das gelingt auch wie gewünscht, allerdings zumeist mit einem Zwischenfall, der didaktisch hochwillkommen ist. Der Schüler, der die Modellkugel mit großer Behutsamkeit von dem einen Tische zum anderen herumträgt, dreht beim Herumlaufen und Absetzen unwillkürlich seine eigene Körperachse um 180° . Entsprechend ist auch die Achsrichtung der Modellkugel verändert. Wir erhalten entgegen der Erwartung wieder den nördlichen Sommer. Die Schüler erkennen jedoch selbständig den Irrtum und verlangen, daß die Achse der Modellkugel ihre Richtung nicht verändern darf. Sie erkennen ebenso selbständig, daß die Erdachse gegenüber der Erdbahnebene geneigt sein und im Raum stabil blei-

ben muß. Hier wird der Hinweis sinnvoll, daß der Polarstern während des ganzen Jahres unverändert an derselben Stelle steht. Damit läßt sich eine überzeugende Beweiskette schließen. Interessant ist, daß diese Lehrmethode in allen Altersstufen bis herab zum 4. Schuljahr ausgezeichnet funktioniert. Bei tieferen Jahrgängen haben wir sie nicht einsetzen wollen.



Das Modell zeigt, wie die Zone stärkster Erwärmung mit dem Bahnumlauf in Nord-Süd-Richtung oszilliert und daß diese Verlagerung unsere Jahreszeiten ausmacht (Abb. 5). Jedoch sieht man auch, daß die achsiale Oszillation des roten Ringes unmittelbar mit der Periode des Bahnumlaufs gekoppelt ist. Hier endlich wird die sonst so schematisch und ohne Beweisführung dozierte Behauptung verständlich, daß die Erde für einen Bahnumlauf ein ganzes Jahr braucht.

Technisch realisiert ist unser Modell durch eine Styroporkugel von z. B. 10 cm Durchmesser, die mit Silbertetrajodomercurat beschichtet ist. Dieses zeigt bei 40°C einen reversiblen Farbumschlag zwischen Gelb und Rot. - Noch ein weiteres Detail gibt das thermocolor Modell richtig wieder, nämlich die Tatsache, daß die höchsten oder tiefsten jahreszeitlichen Temperaturen nicht während der Solstitien, sondern um ein bis zwei Monate verzögert auftreten. Auch bei

der Modellkugel spielen Erwärmungs- und Abkühlungszeiten eine Rolle, die diese Verzögerung entsprechend richtig wiedergeben.

Literatur

WAGENSCHN, M.: Die Erfahrung des Erdballs. - Ein Beitrag zur genetischen Didaktik der Himmelskunde. In: Der Physikunterricht (1967) 1, S. 9-49.

Danksagung

Anerkennung und Dank für die Vorbereitung und Durchführung der Tagung 1990 in Nürnberg möchten wir Herrn Professor Dr. Herbert F. Bauer aussprechen.

Die Teilnehmer

Für die Bearbeitung der Manuskripte und Fertigstellung dieses Bandes danken wir Frau Ruth Brix, Frau Ulrike Hennig, Frau Edeltraud Glockner, Frau Ingrid Moors und Frau Barbara Kämper.

Die Herausgeber

TEILNEHMER AN DER TAGUNG

BAUER, Prof. Dr. Herbert F.	Univ. Erlangen
BÄUML-ROSSNAGL, Prof. Dr. Anna-Maria	Univ. München
BIESTER, Prof. Dr. Wolfgang	Univ. Münster
BREITSCHUH, Dr. Gernot, SAD	Rotenburg/W.
KASBOHM, Prof. Dr. Peter	PH Flensburg
KLEIN, Prof. Dr. Peter	Univ. Hamburg
KLEWITZ, Prof. Dr. Elard	FU Berlin
KÖHNLEIN, Prof. Dr. Walter	Univ. Hildesheim
LAUTERBACH, Dr. Roland	IPN Kiel
LÖFFLER, Prof. Dr. Gerhard	Univ. Bielefeld
LÜPKES, Mariechen, AOR	Univ. Oldenburg
MÖLLER, Dr. Kornelia	Univ. Münster
PFÄNDER, Dr. Wilhelm, OstR i.H	Univ. Augsburg
SCHAUB, Prof. Dr. Horst	Univ. Göttingen
SCHORCH, Dr. Günther, AOR	Univ. Erlangen-N.
SCHWEDES, Prof. Dr. Hannelore	Univ. Bremen
SPRECKEISEN, Prof. Dr. Kay	GSH Kassel
SZOSTAK, Prof. Dr. Roland	Univ. Münster
THENENT, Jürgen, wiss. Mitarb.	Univ. Lüneburg
THIEL, Prof. Dr. Siegfried	PH Freiburg
WIEBEL, Dr. Klaus, AR	PH Freiburg
WIESENFARTH, Prof. Dr. Gerhard	PH Freiburg

BERICHTE ZUR DIDAKTIK DES SACHUNTERRICHTS

(in der Reihenfolge ihres Erscheinens)

KÖHNLEIN W. (Hrsg.): Fächerübergreifender naturwissenschaftlich-technischer Sachunterricht in der Grundschule. Hildesheim 1984.

SPRECKELSEN K. (Hrsg.): Schülervorstellungen im Sachunterricht der Grundschule. Kassel 1985.

LÖFFLER G./MÖHLE V. (Hrsg.): Die Kontinuitätsthese des Lernens im Sachunterricht Naturwissenschaft-Technik. Bielefeld 1986.

SOOSTMEYER M. (Hrsg.): Erfahrungserschließung in Sachbegegnungen. Essen 1988.

THIEL S. (Hrsg.): Uminterpretation von Sachunterrichtsthemen. Freiburg 1989.

SCHWEDES H. (Hrsg.): Erziehung zur Sachlichkeit im Sachunterricht der Grundschule. Bremen 1989.

Soweit einzelne Hefte noch vorliegen, können sie gegen eine Schutzgebühr über die jeweiligen Herausgeber oder durch Vermittlung des IPN (Dr. Lauterbach) bezogen werden.

Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN),
Olshausenstraße 62, D-2300 Kiel



Das IPN ist ein überregionales Zentrum für die interdisziplinäre Forschung, Entwicklung und Lehre im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts in allen Bildungsbereichen.

Das Institut gliedert sich in die Abteilungen Didaktik der Biologie, Didaktik der Chemie, Didaktik der Physik, Erziehungswissenschaften, Pädagogisch-Psychologische Methodenlehre und die Zentralabteilung. Es wird im Rahmen der Vereinbarung des Bundes und der Länder zur gemeinsamen Forschungsförderung finanziert.

Wie Kinder erkennen

Die Didaktik des Sachunterrichts ist eine noch junge Disziplin. Ihre Aufgabe besteht darin, für den Sachunterricht eine tragfähige Theorie auf empirischer Grundlage zu entwickeln und diesen Unterricht didaktisch und pädagogisch anzuleiten.

Im April 1984 fand in Hildesheim die erste Tagung "Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Sachunterricht in der Grundschule" statt. Damit war die Tradition der Frühjahrstagungen im Rahmen der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP) begründet. Die Tagungsberichte wurden seither an den betreffen-

den Hochschulen von den jeweiligen Veranstaltern herausgegeben. Diese Forschungsberichte zum Sachunterricht werden nunmehr vom IPN und der GDGP veröffentlicht.

ISBN 3 - 89088 - 057 - 6